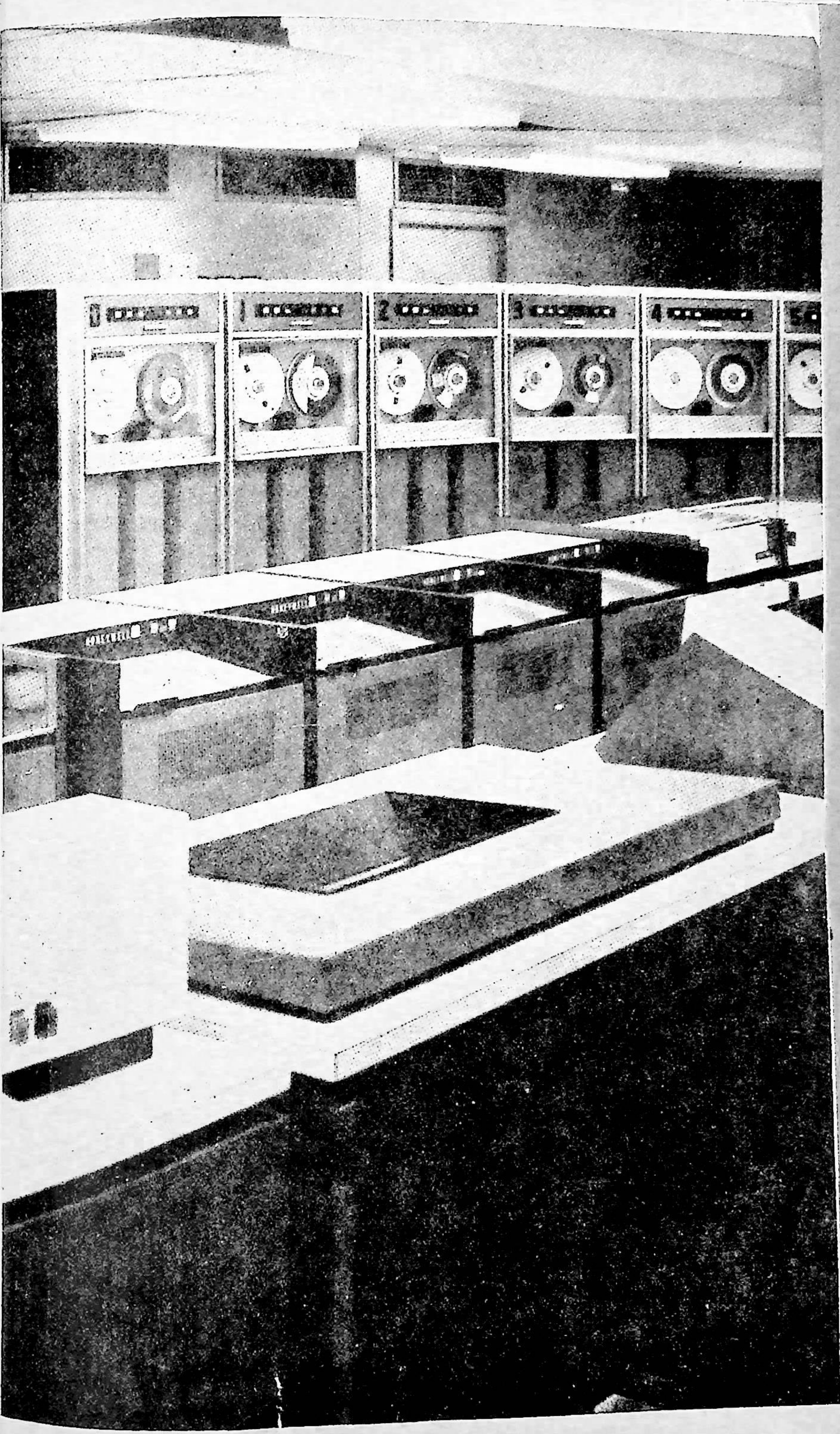
המחשב
כלי ההווה והעתיד

[redacted]

[redacted]


0
1
2
3
4

תוכן

הקדמה

ספרנו הוא מבוא לידע המחשב. הוא נועד לתת לקורא מושג על המחשב, ובאיזה אופן אפשר להעבידו. התמונות הכלולות בו באות לעזור בהסברת המונחים המתארים את חלקי המחשב ואת השיטות הננקטות לשם מיחשוב ופתרון בעיות שונות.

בפתח הספר — היסטוריה קצרה של התפתחות תעשיית המחשבים.

מכיוון שבעתיד אנו עשויים לחיות בעולם המופעל כולו על ידי מחשבים, מקווה אני שתוכן הספר יתרום להיכרות בין הקורא ובין "אבני היסוד" של עולם העתיד.

אני חייב תודה לאלה שעזרו לי בהכנת הספר, ומכיוון שזהו צעדי הראשון בעולם הספרות, חייב אני תודה מיוחדת לשני ידידים שעזרו לי ועודדו אותי לאורך כל הדרך.

תודתי העמוקה לסופר הידוע, מאריו פארינה, על ההדרכה שנתן לי, ועל העזרה המעשית בעצם "עשיית" הספר.

לאישתי, סינדי, מוגשת תודה מקרב לב על עבודת ההדפסה והעריכה, העידוד והסבלנות שהשקיעה במאמץ לעזור בכתיבת הספר ובהוצאתו לאור.



תולדות המחשב

לאדם הקדמון יושב המערות לא היה צורך רב בחישוב, מתי נזקק לספירה של יותר משנים? כאשר היה עליו לחשב כמה חיות עליו לצוד בכל יום כדי לספק את מזון משפחתו ואת כסותם. בשפת שבטים נידחים קיימת המלה "שלוש" רק לעתים נדירות ביותר.

קשה לדעת מתי בדיוק החל האדם לחשב. אך משהתחיל להשתמש בדרכים שונות כדי למנות ולחשב, החל לחפש שיטות מתאימות. הרועה למשל, מצא כי שיטת האבנים היא היעילה ביותר. הוא אסף אבנים קטנות בכד, אבן לכל אחד מבעלי החיים שבעדרו. שערו בנפשכם מה גדלה מבוכתו של אותו רועה קדמון, כאשר חבר שובב הוסיף כמה אבנים לכדו או גרע מהן לשם צחוק.

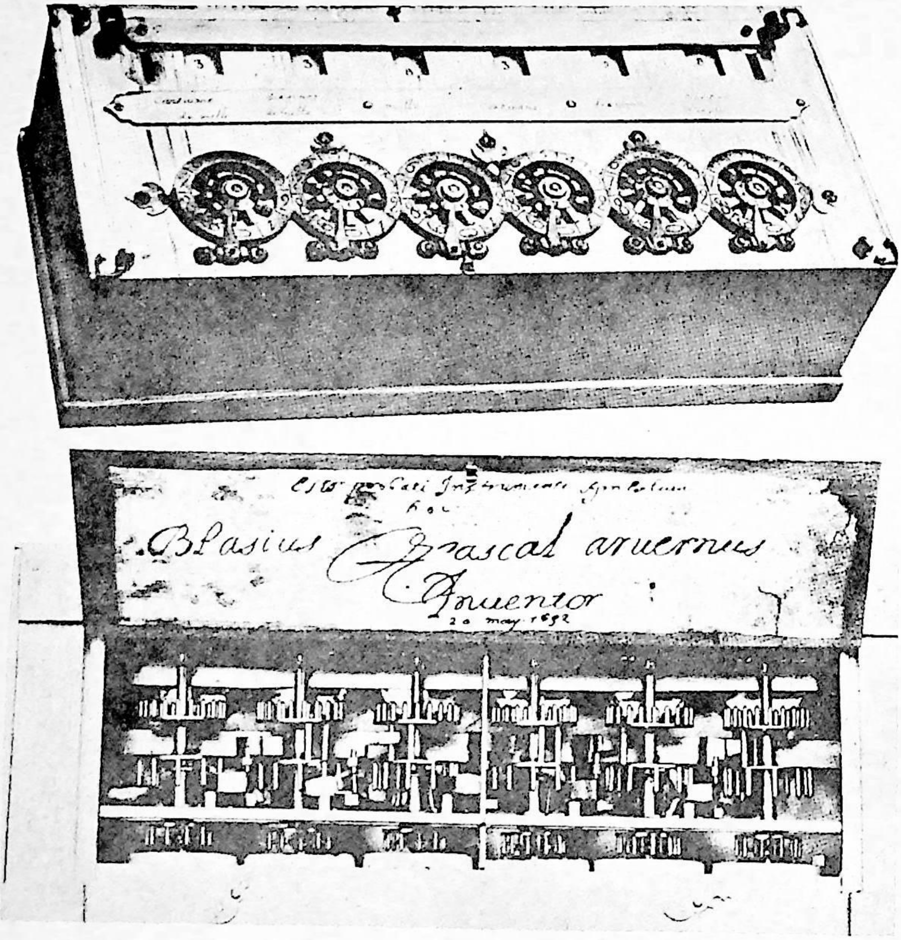
מספר רב של שנים עברו עד שהומצאו מכונות חישובים. אחת הסיבות לכך היא ללא ספק היעדר שיטת ספירה נוחה. בימי הרומאים החיבור של המספרים XVII ו—LXVIII קשה למדי, לכן גם ההמצאה של מכונת חישוב לביצוע פעולות מעין אלה היתה קשה, בלתי אפשרית.

הספרות הערביות וה"אפס" נתנו לאדם אפשרות לחשב חישובים יותר מורכבים. החשבוניה הומצאה כדי לעזור לו. אם רצה אדם לרשום לפניו כי יש לו 137 כבשים, עמדה לרשותו שיטת ספירה אשר לפיה יש לספרות השונות ערך גם על פי מקומן במספר. לפיכך היה איפוא המספר 137 מבטא סכום של מאה אחת, שלוש עשרות ושבע יחידות. את המספר ייצגו החרוזים שהזיז על גבי החשבוניה.

הרועה האמיד יותר "רשם" כי יש לו 2004 כבשים, כלומר, שני אלפים, אפס מאות, אפס עשרות וארבע יחידות.

כך נפרץ השער והדרך היתה פתוחה להמצאת עזרי חישוב מיכאניים.

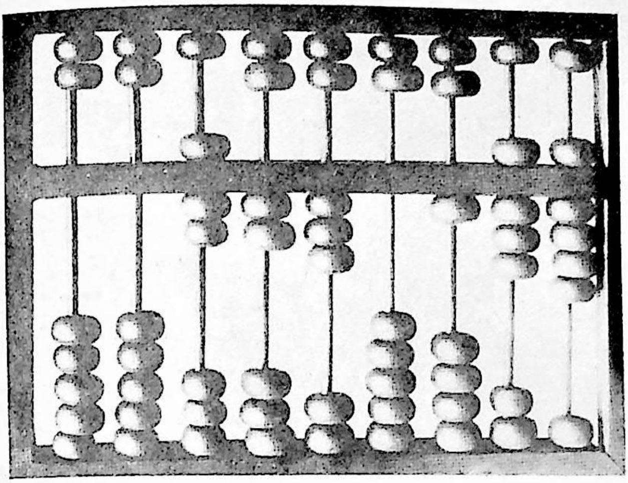
בשנת 1642 המציא המתימטיקאי הצרפתי בלייז פאסקל מכשיר חישוב מיכאני בעל חלקים מסתובבים. המכשיר הכיל גלגלים, גלגלי שיניים, מנופים וגלילים והיה מסוגל לפתור תרגילי חיבור וחיסור. בשנת 1671 שיפר מתימטיקאי אחר את המכשיר והוסיף לחיבור ולחיסור גם את הכפל והחילוק. שמו היה גוטפריד וילהלם ליבניץ. מכונות החישוב הללו היו עזרים מצויינים. אילו נמצא להם ביקוש, אפשר היה ליצר מהם במספר גדול, אך עולם המסחר והעסקים לא היה זקוק עדיין לאמצעי החישוב המשוכלל הזה בכמויות גדולות.



מכונת החישוב שהומצאה על ידי בלייז פסקאל בשנת 1642. התמונה שלמטה מראה את החלקים המסתובבים שבתוך המכונה.



תמונת גוטפריד וילהלם ליבניץ, הפילוסוף והמתימאטיקאי הגרמני ששיפר את המצאתו של פסקאל וכתוצאה מכך עשתה המכונה פעולות כפל וחילוק בנוסף לחיבור וחיסור.



החשבוניה עדיין משמשת לחישוב באר-צות שונות. הטור הקיצוני־ימני הוא טור היחידות, הבא אחריו משמאל הוא טור העשרות ואחריו המאות, האלפים, וכן הלאה. החרוזים שמעל לסרגל אופקי ערכם חמש יחידות והחרוזים שמתחת לסרגל — יחידה אחת. המספר הנמצא על החשבוניה הוא 7,230,189.

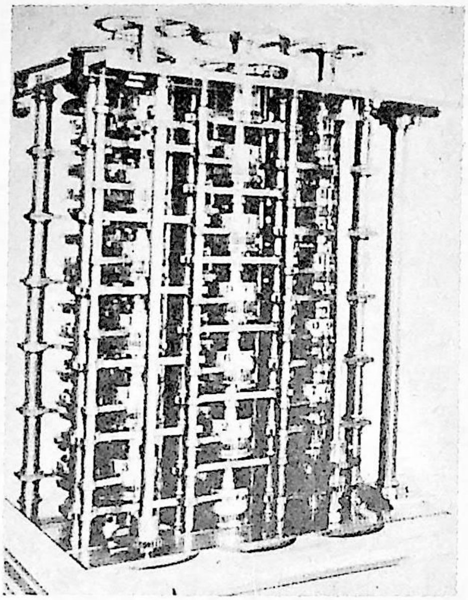
בשנת 1770 פיתח גרמני בשם האן מכונת חישוב נוחה ביותר. המכונה של האן הפכה לאב־טיפוס של מכונת החישוב המוכרת לנו כיום לאחר שהצרפתי טומאס בשנת 1820 הצמיד למכונה ידית.

בשנת 1920 בערך, חברו באלרוין ומונרו יחדיו כדי לפתח מכונת חישוב חשמלית.

השפעה גדולה על התפתחות המחשבים האוטומאטים בני זמננו השפיעו מאורעות שנתרחשו בשנת 1801 בצרפת. יוסף ז׳אקארד המציא מכונת אריגה. דוגמאות יפות ומסובכות השכילה המכונה לארוג בעזרת כרטיסי ניקוב גדולים.

ז׳אקארד קיפד כמעט את חייו בגלל הצלחתו. בעיר ליון בה הוצגה המכונה בפעם הראשונה, התקיפו התושבים את ביתו של ז׳אקארד והרסו את נול האריגה המופלא. האורגים חששו שמא תתקפח פרנסתם בשל המכונה החדשה. אולם ז׳אקארד לא התיאש. הוא ביקש וגם קיבל תמיכה מן הממשלה והורשה להפיץ את המצאתו ברבים. וכאשר הביאה המצאתו שיגשוג והצלחה לעירו, ליון, הוכרז ז׳אקארד כגיבור.

השנה 1832. עיסוקו בחישוב אוטומאטי של הגרמני מולר, עורר ענין רב בלבו של האנגלי צ׳רלס בבאג׳. הוא השתמש בכמה מרעיונותיו של מולר ופיתח "מכונת הבדלים" שנועדה להפיק טבלאות מתימאטיות. אולם היכולת הטכנולוגית באותה תקופה לא סיפקה את דרישותיו של בבאג׳ לגבי דיוק הייצור של החלקים הדרושים. אך בבאג׳ לא הירפה. הוא לא נטש את רעיונותיו. להיפך, כאשר הגיע לאוזניו שמע מעשהו של ז׳אקארד בצרפת, הפסיק בפיתוח מכונת הטבלאות שלו והחל בתיכנון "מנוע אנליטי".



צ׳ארלס בבאג׳, מתימטיקאי בריטי שעבד במשך שלושים ושבע שנים על המצאת שתי מכונות חישוב. האחת נקראה בשם ״מכונת הבדלים״ והשניה ״מנוע אנליטי״. התמונה שמשמאל היא חלק מדגם העבודה של מכונת ההבדלים.

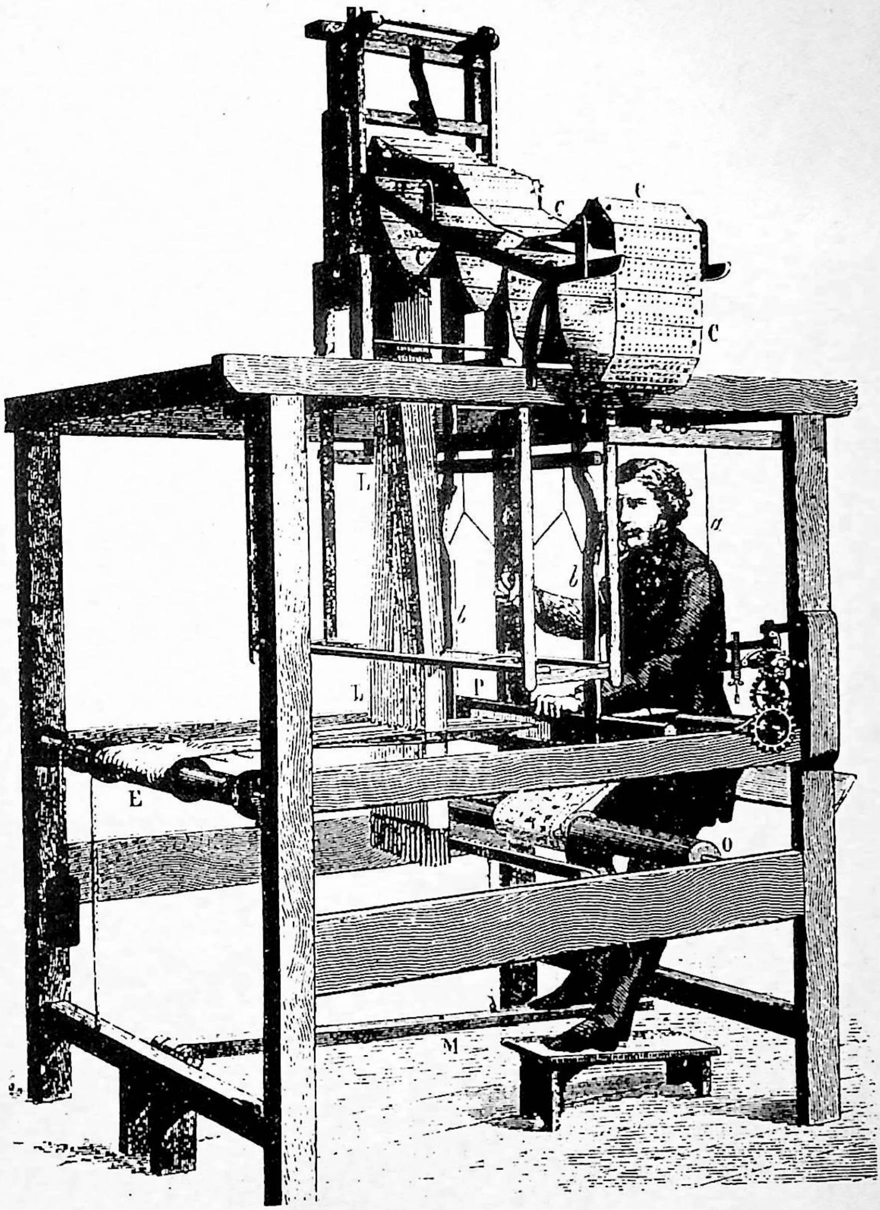
ה״מנוע האנליטי״ היה אמור להשתמש בכרטיסי ניקוב ולפעול באופן אוטומאטי. אולם בדרכו של בבאג׳ נערמו מכשולים טכניים רבים, וכאשר נשללה ממנו תמיכת ממשלת בריטניה נדונה התוכנית לכשלון.

בבאג׳ הכין תוכניות ובנה שתי מכונות וכמה עשרות שנים אחרי שנטש את מכונת הטבלאות שלו בנו מדענים אחרים מכונת חישוב לפי אותה תוכנית שהיתה, אגב, כה טובה שהוכנסו בה רק כמה שינויים קטנים.

בתקופה הרבה יותר מאוחרת נבנה גם דגם המנוע האנליטי וחזונו של בבאג׳ על מכונת חישוב אוטומאטית אכן נתגשם.

בשנת 1890 הטביע ד״ר הרמן הולאריט את חותמו על ההיסטוריה של המחשב. הוא נרתם למשימה של שיפור השיטות הקיימות לרישום וספירה, בהמציאו מכונה המסוגלת לאגור מידע על גבי סרט ניקוב עשוי נייר. הסרט, על הנתונים המנוקבים בו, עובד לאחר מכן באופן אוטומאטי.

בשנת 1801 המציא ז׳אקארד מכונה שהשפיעה מאוד על התפתחות המחשבים האוטומאטיים של היום. המכונה של ג׳אקארד היתה נול אריגה המופעל באמצעות כרטיסי ניקוב גדולים (ציור ממול) וארגה דוגמאות יפות להפליא של אריגים.


C
C
C
L
L
P
E
O
M

הולאריט ועמיתו, אדם בשם פוארס, שיתפו פעולה בנסיון להשתמש בכרטיס ניקוב. מכונת הניקוב ומכונת המיון הומצאו זמן קצר לאחר מכן.
רוב המכונות הללו פעלו בכוח החשמל. היה זה חידוש משמעותי.

בשנת 1944 הצטרף ד"ר הווארד אייקן מאוניברסיטת הרברד לחברת י.ב.מ. לשם פיתוח המחשב "מארק 1". המכשיר פעל על ידי ממסרים חשמליים וסרט נייר מנוקב. השימוש בממסרים האיט מאוד את עבודתו של המחשב, עובדה אחת היתה ברורה לכל: דור המחשבים הבא חייב להיות דור של מחשבים אלקטרוניים.

ד"ר ג'ון פון נוימן, מתימטיקאי הונגרי שהגיע לארצות הברית בשנת 1930, הגה את הרעיון לתכנן מחשב הפועל ב"הגיון". בשנת 1946 מסר המכון למדע מתקדם בפרינסטון ביחד עם חיל החימוש של צבא ארצות הברית מיכרז לשלושה מדענים. לפי תנאי החוזה יציגו שלושה מדענים, בורק, פון נוימן וגולדשטיין תוכנית למחשב. התכנית תוגש בצורת דין וחשבון כתוב. עד היום משמש תיאור המחשב שמסר פון נוימן באותו דין וחשבון, יסוד לבניית מחשבים ורק דגמים מעטים של מחשבים אינם תואמים את רעיונותיו. חלק ניכר מעבודתו של פון נוימן התרכז בתיאור הזכרון של המחשב. הוא שהעלה את הרעיון לאחסן נתונים והוראות בתאי זכרון שבתוך המחשב.

בשנים 1946—1949 נבנו שלושה מחשבים אלקטרונים חשובים ביותר: ה—אניאק, ססאק והאדוואק.

האניאק נבנה בבית הספר להנדסה על שם מור באוניברסיטת פנסילבניה. זהו מחשב (המקובל כמחשב אלקטרוני ראשון) המכיל עשרים אלף נורות ואקום. הוא נוסה והופעל בשדה הניסויים של אברדין לשם הכנת נתונים באליסטיים חשובים.

הססאק נבנה ע"י י.ב.מ. בשנת 1948. מהירותו ויכולתו לאגור נתונים היו הרבה יותר גדולים מאלה של האניאק.

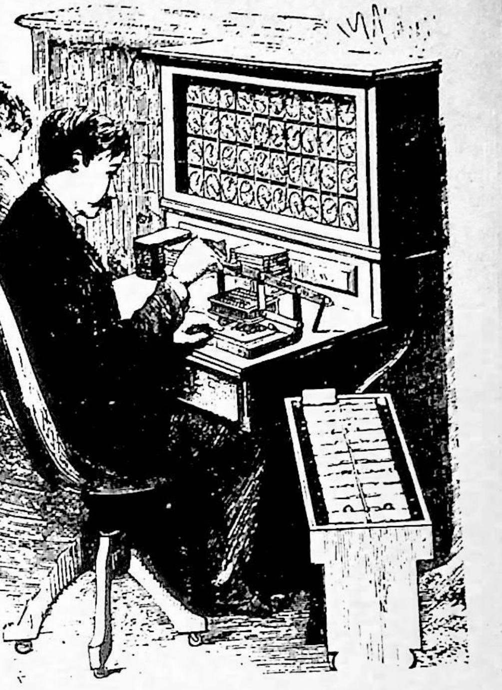
האדואק נבנה באוניברסיטת קמברידג' באנגליה בשנת 1949. הוא פתר בעיות מתימאטיות מסובכות והיה לעזר בפיתוח שיטות התיכנות.

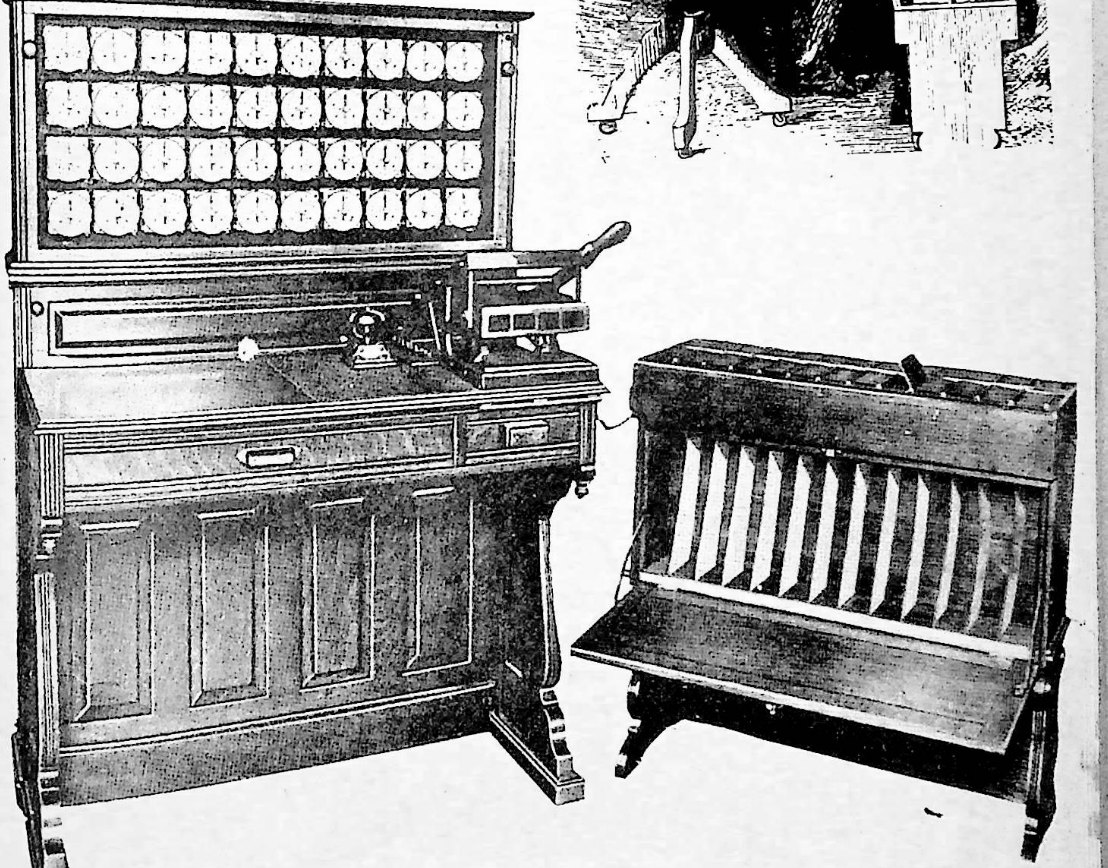
חברת י.ב.מ. עמדה על הצורך במחשב אלקטרוני ויצרה את הדגם יבמ—604. כאלפיים מחשבים מן הדגם הזה נבנו. ובשנת 1951 החלה החברה להפיץ את הדגם המוצלח ביותר שלה, הרי הוא דגם יבמ—701.

בתקופתו היה המחשב יוניואק שנבנה בשנת 1951 מפורסם ביותר. ובשנת 1954 השתמש המכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס באוגר טבעות מודרני במחשב הנושא את השם "וירלוינד" —כלומר "מערבולת".

בשנים שלאחר 1951 הכירו חברות רבות בתועלת הטמונה במחשב אלקטרוני והציעו דגמים שונים ליצרני מחשבים. בין החלוצים בשורות יצרני המחשבים נימנו החברות מיניאפוליס—הוניואל, י.ב.מ., רמינגטון ראנד, בורוז, קונטרול דאטה, ר.סי.אי., ג'נרל אלקטריק ופילקו.

משחר ימיו של המחשב ועד היום, לא נשתנו בהרבה העקרונות לפיהם פועל המחשב אך חלו בו שיפורים ניכרים. מהירות המיחשוב עלתה מחמש פעולות בשניה למיליוני פעולות בשניה. מספר תאי הזכרון עלה מ־256 תאים



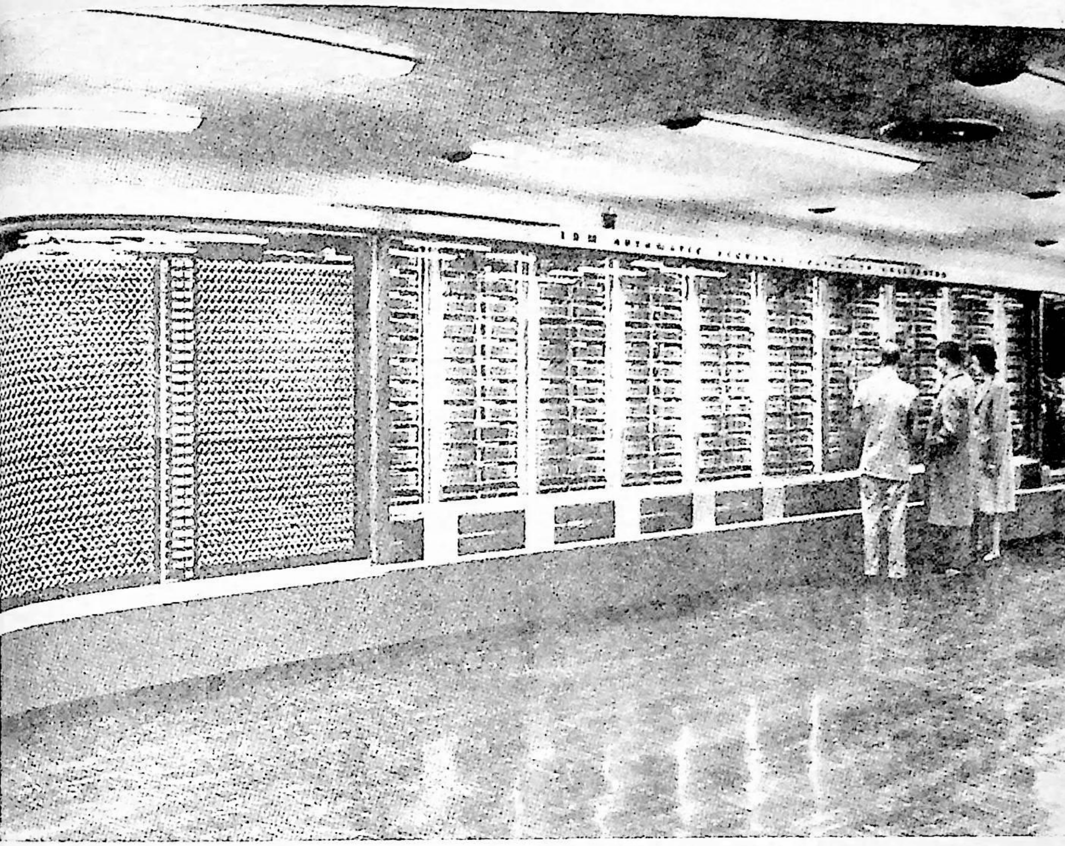


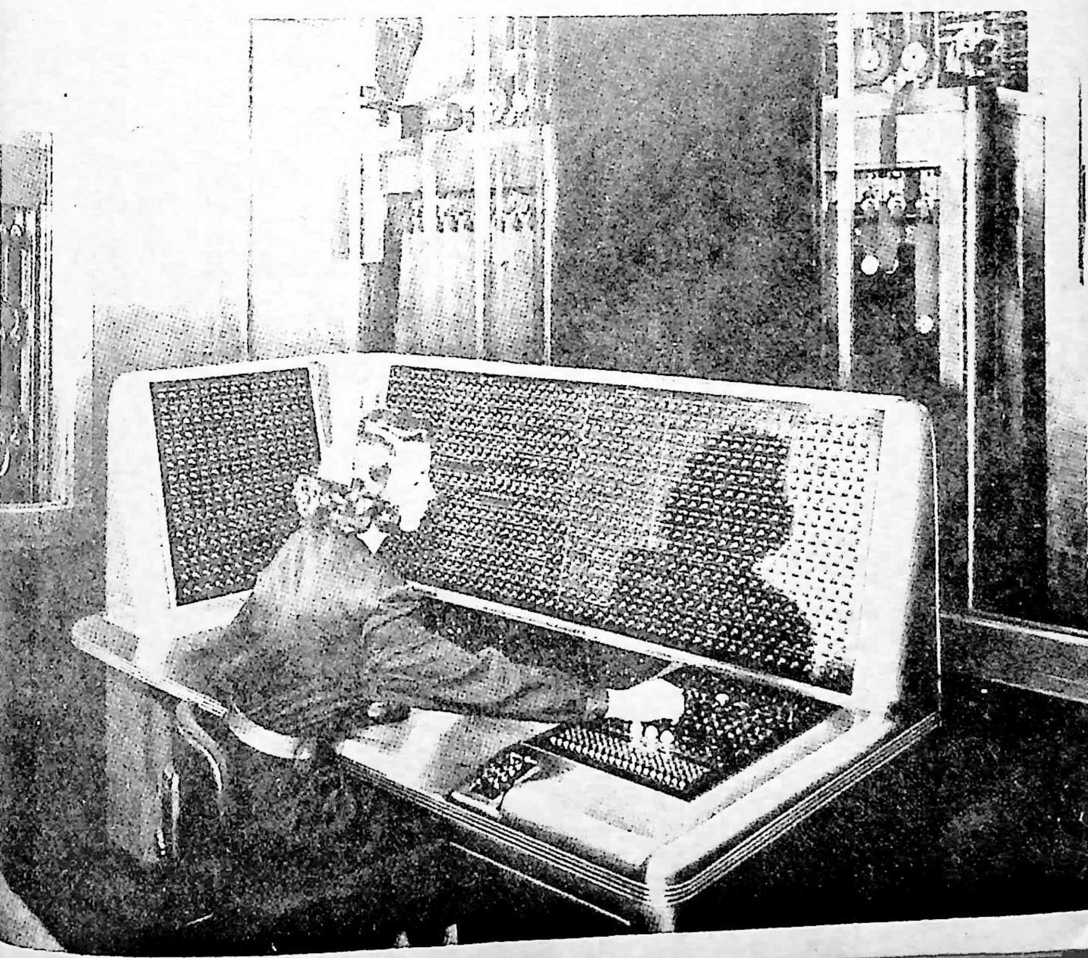
ד״ר הרמן הולאריט המציא את המחשב הזה (למטה מימין), כמכשיר שנועד לעזור במפקד התושבים שנערך בארצות הברית בשנת 1890. המכשיר הופעל על ידי חשמל באמצעות כרטיסי ניקוב לשם מיון ורישום מידע.

למיליוני תאים. מתקני עזר לזכרון, שלא היו קיימים כלל בהתחלה קיימים עכשיו בצורת כרטיסי ניקוב, תקליטים, סרטים מגנטיים, כרטיסי זכרון, תופים, תאי נתונים, סרטי נייר, ועוד ועוד.

רב המרחק שעבר המחשב מיום לידתו של הרעיון ועד עתה. ואנו עומדים משתאים ותוהים — עד היכן עוד ירחיק לכת.

ממול למעלה: "מארק 1" שיוצר בשנת 1944 על ידי חברת י.ב.מ. היה איטי ביותר מכיוון שעבד באמצעות ממסרים וסרט ניקוב מנייר. למטה: המחשב ססאק מחשב אלקטרוני שנבנה על ידי חברת י.ב.מ. בשנת 1948 — היה מהיר יותר ובעל יכולת אגירת נתונים גדולה בהרבה מאשר ה"מארק 1"



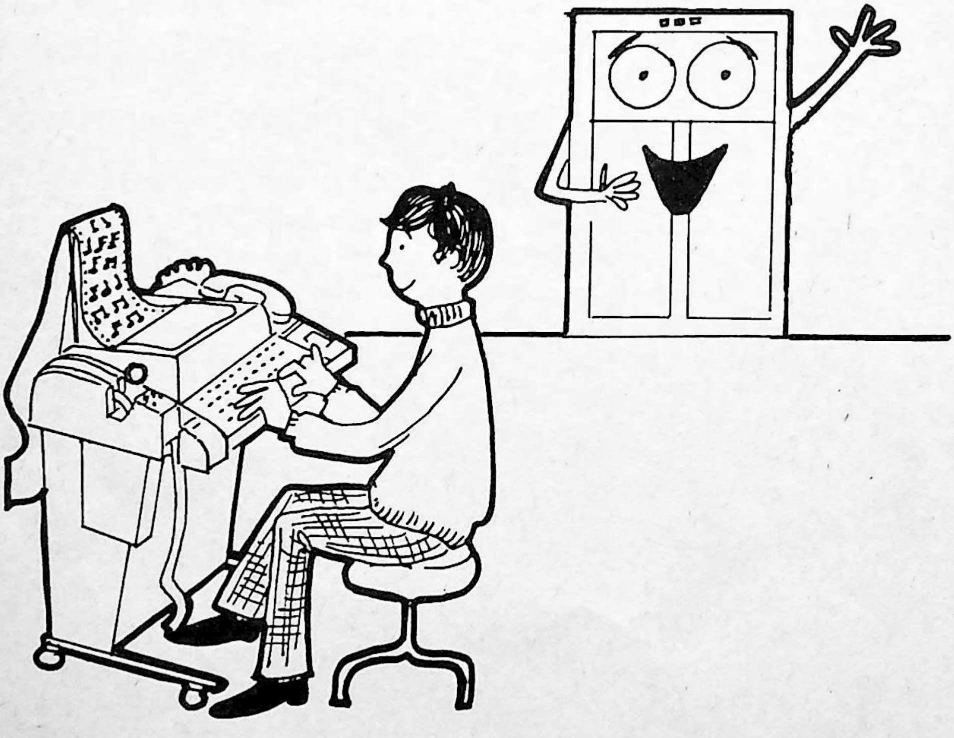


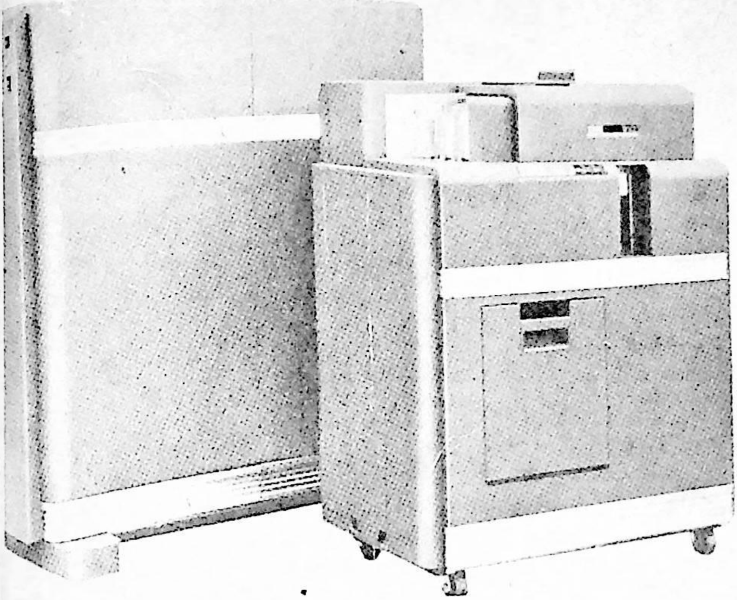
למה בעצם, מסוגל המחשב?

מושגים מוזרים יש לאנשים על מהות המחשב ועל יכולתו. יש החושבים שהמחשב יודע הכל ויכול לענות על כל השאלות, אפילו על שאלות כגון:

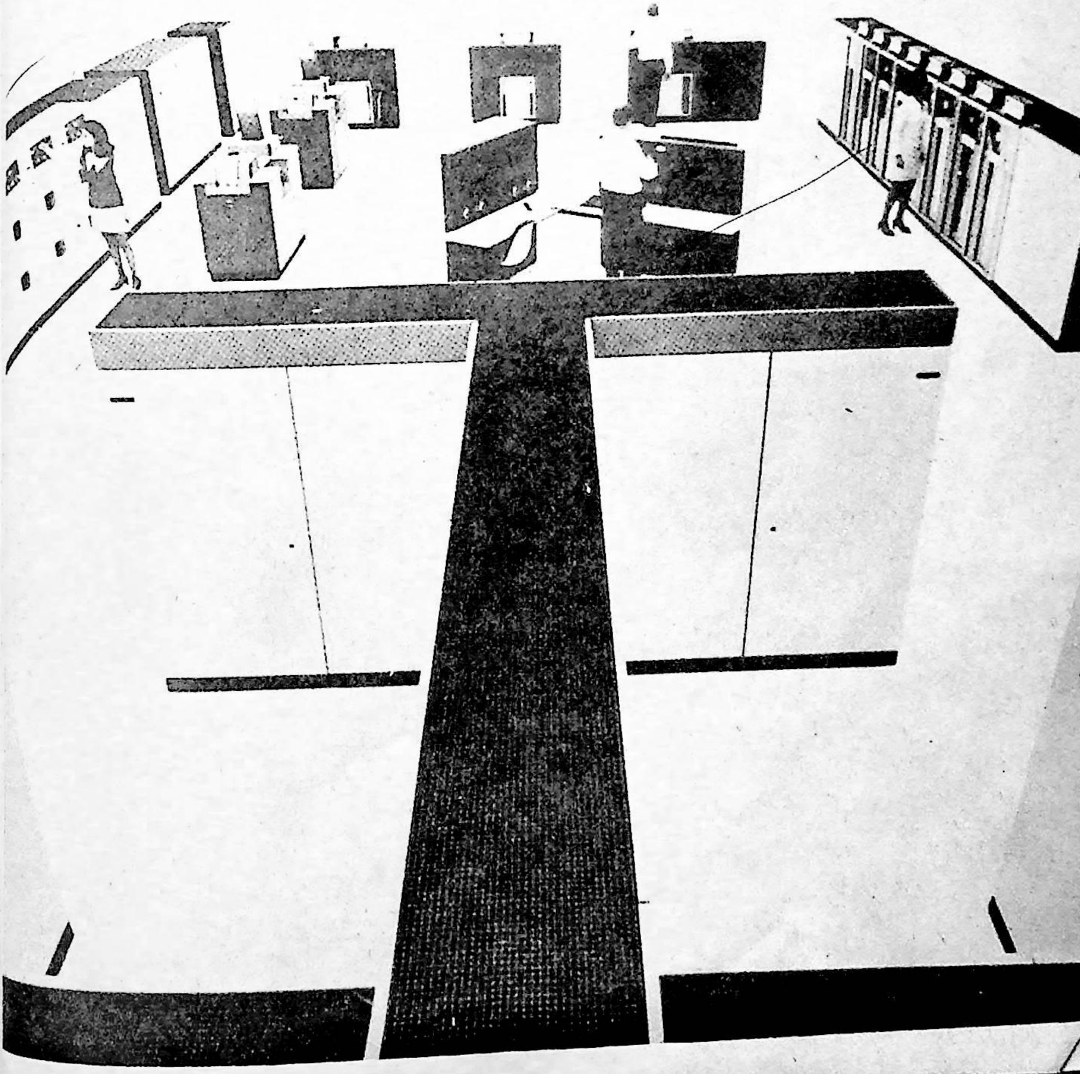
היכן אהיה בעוד עשרים שנה?
מי יהיה אלוף העולם במשקל כבד בעוד שלוש שנים?
מתי תהיה לנו רעידת אדמה?
מי יהיה הנשיא בשנת 1984?

יש החושבים שהמחשב יכול לעשות הכל, אפילו דברים כגון:





שמאל: י.ב.מ.—604 מחשב אלקטרוני
הרצא לשוק בשנת 1948.
טה: המרכיבים העיקריים של מחשב
.מ. שיטת 370 דגם 165. יצא לשוק
נת 1970. יחידת הזכרון הראשית של
ם זה יכולה לאגור מידע המקביל
ושה מיליון אותיות או שישה מיליון
פרים עשרוניים. מהירות המעגל
חשמלי נמדדת בחלק המיליארד של
יה — מהירות מדהימה בהשוואה
מארק 1" שהיה מסוגל לבצע רק
לושה תרגילי חיבור בשניה אחת.



המחשבים מצטיינים בחשבון...

ראשית עליך לדעת כי המחשבים מצטיינים בחשבון וכי הם יכולים לפתור תרגילים במהירות. ניתן למחשב את התרגיל הבא:

$$\begin{array}{r} 47483526 \\ \underline{x\ 83649518} \end{array}$$

אנו רוצים שהמחשב יכפיל 47483526 פי 83649518. שני המספרים הנם גדולים והחישוב אינו קל. המכפלה היא: 3·971·974·062·840·468. אם תרצה לפתור את התרגיל, יארך החישוב בין ארבע לעשר דקות, אולם המחשב פותר אותו כהרף עין.

כדי להמחיש את מהירותו של המחשב הבה נעלה בדעתנו מיליון תרגילים, שכל אחד מהם דומה לדוגמא שלמעלה.

כמה זמן דרוש לאדם כדי לחשב את מיליון תרגילי הכפל? — בערך חמש עשרה שנים.

וכמה זמן יעבוד המחשב? — רק שניה אחת.

שערו בנפשכם. המחשב יעשה במשך שניה אחת חישוב שאדם מסוגל לעשותו במשך לא פחות מחמש עשרה שנים! האדם יעבוד כל שעות היום, בכל יום בשנה, כולל שבתות. לא יהיה לו זמן לישון, לאכול או לעשות כל עבודה אחרת, לא יהיה לו פנאי לצפות בטלביזיה, ולעשות כל דבר אחר מלבד לפתור את תרגילי הכפל.

המחשב אינו רק מהיר יותר מן האדם בפתרון תרגילים, הוא גם מדייק יותר ואינו מתעייף. המחשב יכול לחבר, להחסיר, להכפיל ולחלק תוך שניות, דקות ושעות, ימים ואפילו שבועות, בלי שגיאה אחת. האם נוכל לומר אותו דבר על אדם העושה חשבון? אנו שוגים לעתים קרובות. המחשב הוא מכונה הפועלת בכח חשמל וממשיכה לפעול כל העת, בדייקנות של שעון יקר.

החשמל הוא כוח שאנו רגילים לסמוך עליו. כשאנו פותחים את מקלט הטלביזיה, המקלט פועל בדרך כלל ואנו מופתעים כאשר אין הוא פועל. מכיוון שמהחשב מופעל בחשמל, הוא פועל בדייקנות כל עוד מספקים לו אנרגיה חשמלית. מכונות מטיבות לעשות דברים מסויימים מבני אדם, אך לא את כל הדברים. מכונות אינן יכולות לכתוב סיפורים מענינים או לחבר שירים. אין הן יכולות לשחות, לרקוד, או לאהוב אנשים. האדם יכול לעשות

להדריך חללית אל הירח, וחזרה.
להמציא חדשות.
לכתוב סיפורים או לחבר שירים.
לחשוב.

מי שחושב כך — טועה.

המחשבים אינם יודעים את הכל ואינם מסוגלים לעשות את הכל. אולם מחשבים הם מכשירים נפלאים!

הספר הזה לא יוכל לספר לך הכל אודות מחשבים. לשם כך יש צורך בספרים הרבה יותר גדולים. אולם הספר יתן לך מושג מה יכול המחשב לעשות ומה אין הוא יכול. הוא יעזור לך להבין יותר, כשמדובר במחשבים, ויעזור לך להחליט אם אתה רוצה לדעת יותר על המחשבים.

תפקידים מרתקים מוטלים על אנשים המבינים את המחשב והיודעים כיצד להפעילו. הספר הזה יעזור לך להחליט אם אתה משתוקק להצטרף אל אלה החיים בעולם המחשב.

כיצד להורות למחשב מה עליו לעשות

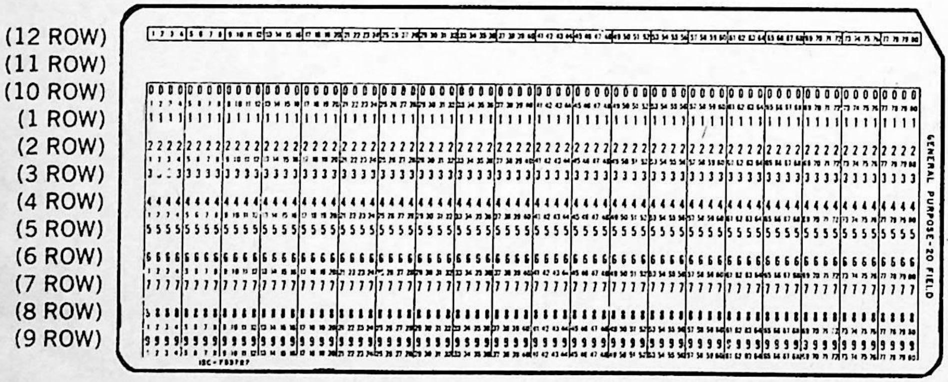
בפרק הקודם אמרנו כי יש להורות למחשב מה עליו לעשות. המחשב אינו מוח אלקטרוני, הוא אינו מסוגל לחשוב בעצמו מחשבות מקוריות. המחשב יכול לעשות רק את אשר פוקד עליו האדם לעשות.

כרטיס מנוקב

כיצד, בדיוק, נותנים הוראות למחשב מה לעשות?

המחשב הוא מכונה המורכבת מחלקי מתכת, חוטים, מתגים, נורות, ועוד חלקים רבים אחרים.

אנו נותנים למחשב הוראות בקוד * על ידי שימוש בכרטיסי ניקוב. הנה לפנינו דוגמא של כרטיס המשמש למתן הוראות למחשב מה עליו לעשות:



* קוד היא שפת קיצור, אשר בה מייצג סימן אחד מילה אחת או משפט שלם.

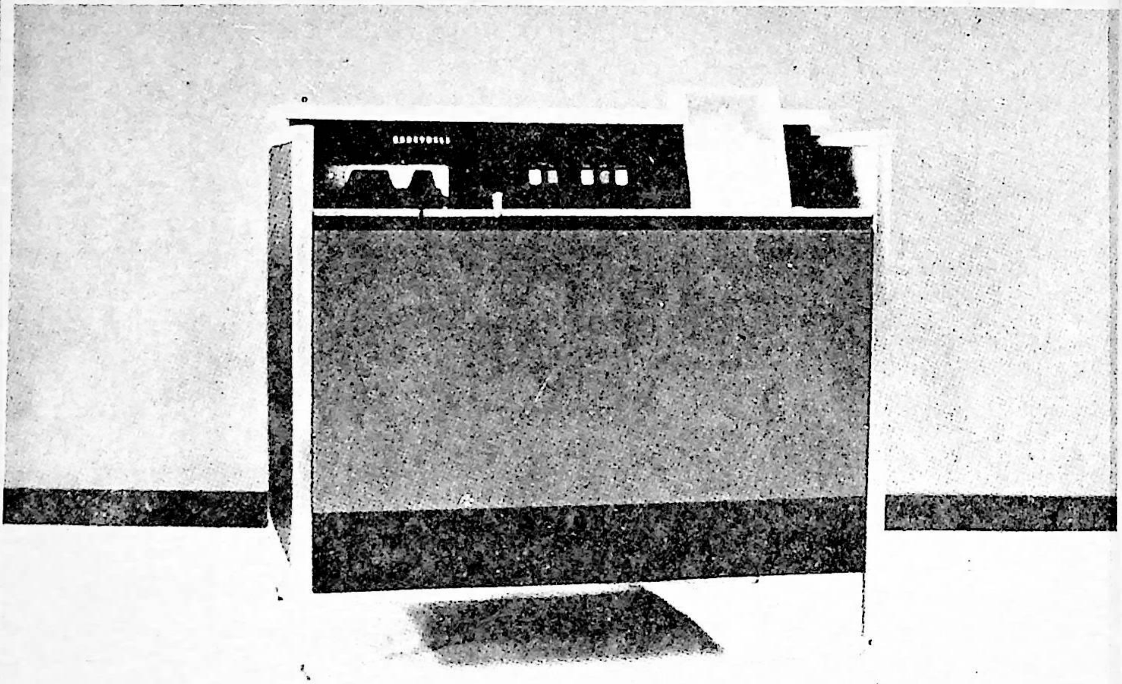
דברים רבים שאין המחשב יכול לעשותם. מלבד זאת, המחשב צריך לקבל פקוּדה מן האדם איזה מספרים לחבר, איזה לחסר, להכפיל או לחלק.

המחשבים בעצמם אינם יכולים לעשות דבר. נניח, למשל, שמישהו נתן לך מחשב כמתנת יום הולדת. אם אינך יודע כיצד להשתמש בו הרי לא יביא לך המחשב כל תועלת. וכל מתנה אחרת היתה בודאי משעשעת אותך הרבה יותר. אולם אם אתה יודע כיצד להשתמש בו יפתור לך המחשב מיליוני תרגילים בחשבון תוך כמה שניות, חשבון שאינך רוצה לעשות בעצמך או שאין לך זמן לעשות. תוכל אפילו ללמד את המחשב לשחק אתך במשחקים שונים, למשל שח, דאמקה או שש־בש.

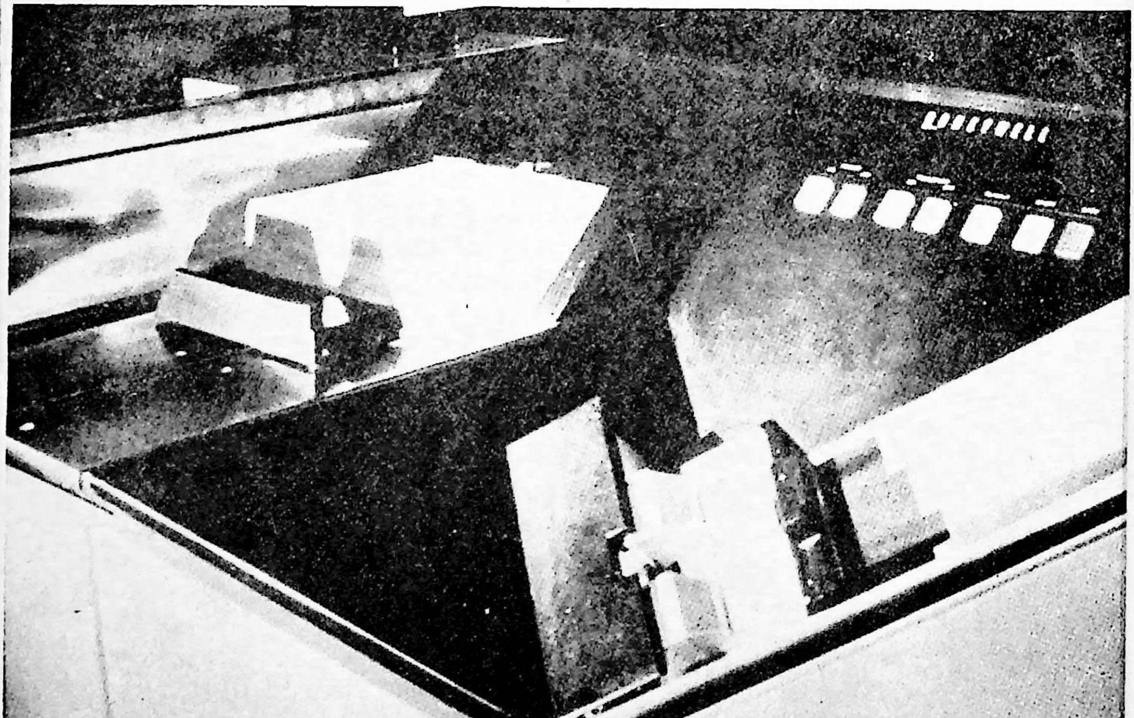
אדם יכול להעלות בדעתו אין ספור דברים שירצה שהמחשב יעשה בשבילו — כגון לעזור לו בהמצאת אביזרים שימושיים חדשים, לעזור לו במציאת תרופות למחלות קשות ולעזור לו בתכנון מסע אל הכוכבים וגרמי השמים.

עוד נספר בספר הזה על הדברים שיכולים המחשבים לעשות עבור אנשים היודעים כיצד להשתמש בהם.





למעלה: תשלובת של קורא ומנקב כרטיסים. למטה: מבט על קורא כרטיסים

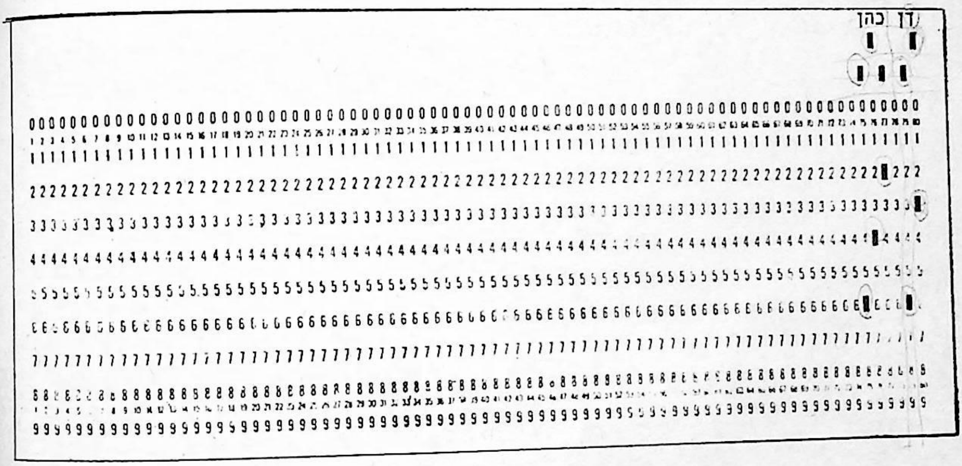


בוודאי כבר ראית כרטיס כזה. הוא מכונה כרטיס מנוקב או כרטיס לעיבוד נתונים.

הסתכל היטב בכרטיס ותראה שיש לו שמונים טורים. ולכל טור מספר: 3,2,1 וכו׳. יש לכרטיס שתים עשרה שורות ולהן מספרים, כמתואר בדוגמא. אפשר להשתמש בכרטיס אחד או במספר כרטיסים. כל כרטיס מכיל שמונים אותיות, אות לכל טור.

במקום לכתוב על הכרטיס מנקבים בו חור באמצעות מכונה מיוחדת הנקראת ״מנקבת״.

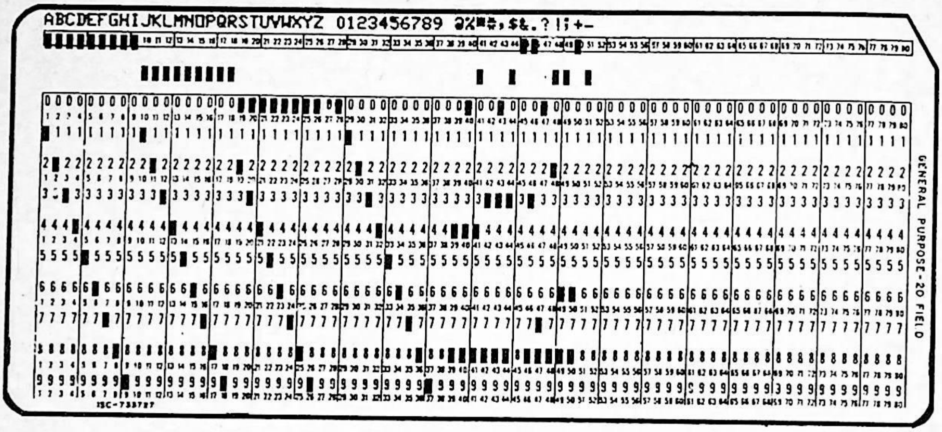
נניח שנער בשם דן כהן מנקב את שמו על כרטיס לעיבוד נתונים. כך יראה הכרטיס:



דן מכניס כרטיס חדש (כרטיס ללא חורים מנוקבים) לתוך המנקבת. המנקבת פועלת באופן דומה למכונת כתיבה. כאשר לוחצים על מקשי האותיות מדפיסה המנקבת את האות ובו בזמן מנקבת נקבים במקום המתאים על גבי הכרטיס. דן לחץ על האות ד׳ וגרם לכך ששני נקבים נוקבו בכרטיס. התבונן שוב בכרטיס. אתה יכול להבחין בנקבים? שני נקבים בטור מס׳ 1 בכרטיס והאות ד׳ בראש הכרטיס. הסתכל בשני הנקבים. בעיני המחשב פירושם ״ד״ ועתה ראה את טור 2. המנקבת ניקבה את האות ״ן״. חפש את שני הנקבים בטור שפירושם ״ן״ ותראה שהם נמצאים בגובה אחר מאשר האות ד׳.

המנקבת קובעת שני חורים בכרטיס לכל אות מאותיות האלף־בית וכל אות מנוקבת באופן שונה.

התבונן בשם דן כהן כפי שהוא מנוקב על גבי הכרטיס. בשם דן כהן יש שתי ״ן״ אחת בדן ואחת בכהן. שתי האותיות ״ן״ מנוקבות באותה צורה. אות שווה מנוקבת באופן שווה.


ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ 0123456789
GENERAL PURPOSE-20 FIELD

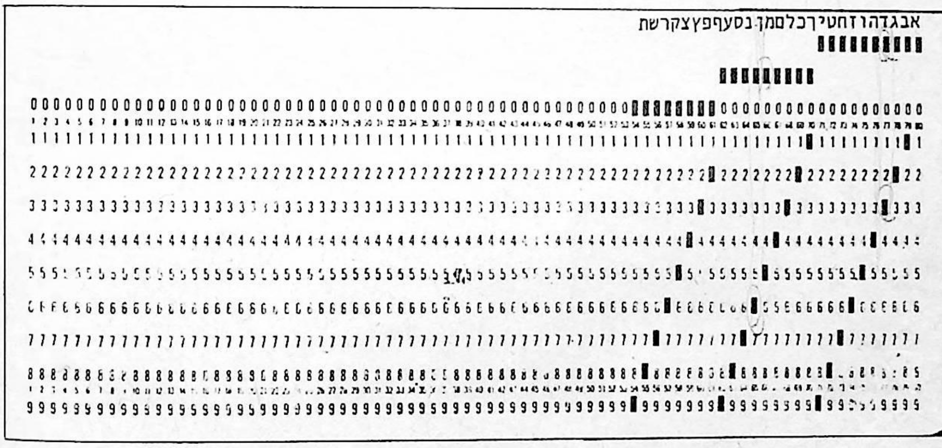
קריאת הכרטיס

לאחר שנוקבו החורים בכרטיס לעיבוד נתונים מועברים הכרטיסים אל מכשיר המחובר למחשב. המכשיר הוא קורא כרטיסים.הוא מסוגל לגלות את מקומם של הנקבים שבתוך הכרטיס. יש כמה שיטות לפיהן מגלה קורא הכרטיס את מקום החורים בכרטיס.

לפי שיטה אחת ממששות אצבעות מתכת את הכרטיס בעוברן על פניו והקורא מוסר למחשב היכן מקום הנקבים. המחשב בנוי כך שכאשר קורא הכרטיס "אומר" לו היכן הנקבים הוא יודע אילו הן האותיות שנכתבו.

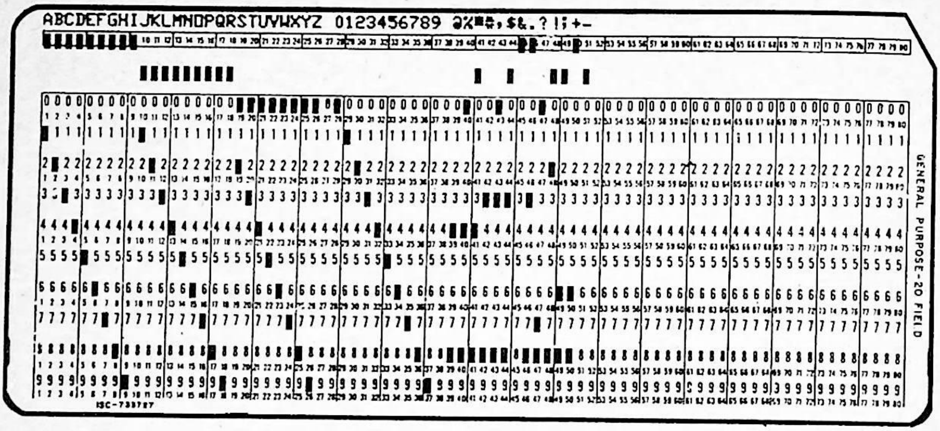
מפעיל המחשב אומר למחשב מה עליו לעשות על ידי הדפסת הוראות על כרטיסי ניקוב. הוא יכול להשתמש במספר רב של כרטיסים, ככל הדרוש. אם ירצה להורות למחשב לעשות פעולה פשוטה יספיק כרטיס אחד. אולם אם ההוראות מסובכות יותר עליו לנקב עשרה, עשרים, מאה או אפילו אלף כרטיסים כדי לומר למחשב את אשר עליו לעשות.

על הכרטיס המצוייר כאן נוקבו אותיות האלף־בית והמספרים מאפס עד תשע וסימני קריאה מיוחדים.



התוכל לענות על השאלות הבאות?

1. איזה הם החורים המסמנים את האות א׳?
התשובה הנכונה היא: חור בשורה 12 וחור בשורה 1".
2. איזה הם החורים המסמנים את האות ק׳?
התשובה הנכונה היא: חור בשורה ה־0 וחור בשורה ה־7".
3. איזה הם החורים המסמנים את האות ו׳?
4. איזה הם החורים המסמנים את הסיפרה 6 (שמת לב כי לניקוב ספרה יש צורך בחור אחד בלבד?
5. איזה הם החורים המסמנים נקודה ?


ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ 0123456789 @%#,$&.?!;+-
GENERAL PURPOSE-20 FIELD
ISC-739787

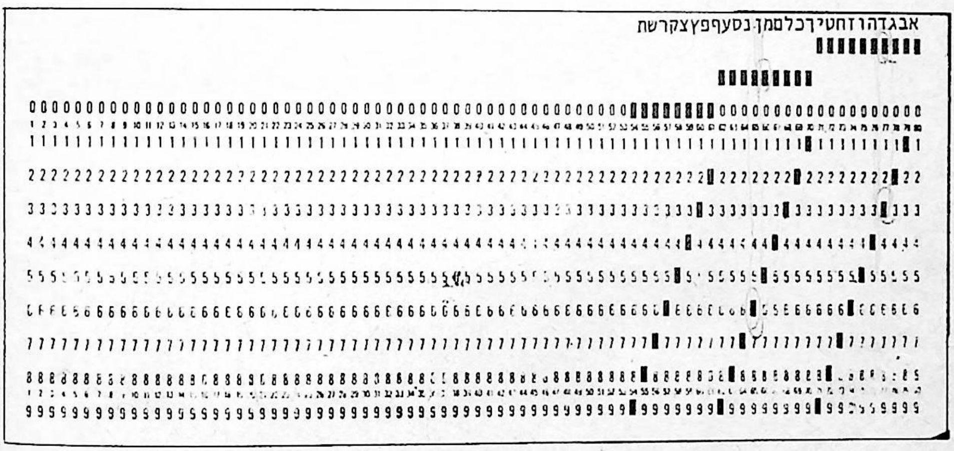
קריאת הכרטיס

לאחר שנוקבו החורים בכרטיס לעיבוד נתונים מועברים הכרטיסים אל מכשיר המחובר למחשב. המכשיר הוא קורא כרטיסים.הוא מסוגל לגלות את מקומם של הנקבים שבתוך הכרטיס. יש כמה שיטות לפיהן מגלה קורא הכרטיס את מקום החורים בכרטיס.

לפי שיטה אחת ממששות אצבעות מתכת את הכרטיס בעוברן על פניו והקורא מוסר למחשב היכן מקום הנקבים. המחשב בנוי כך שכאשר קורא הכרטיס "אומר" לו היכן הנקבים הוא יודע אילו הן האותיות שנכתבו.

מפעיל המחשב אומר למחשב מה עליו לעשות על ידי הדפסת הוראות על כרטיסי ניקוב. הוא יכול להשתמש במספר רב של כרטיסים, ככל הדרוש. אם ירצה להורות למחשב לעשות פעולה פשוטה יספיק כרטיס אחד. אולם אם ההוראות מסובכות יותר עליו לנקב עשרה, עשרים, מאה או אפילו אלף כרטיסים כדי לומר למחשב את אשר עליו לעשות.

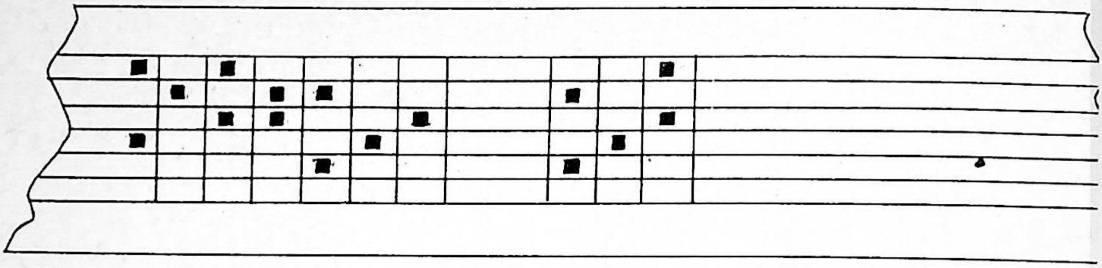
על הכרטיס המצוייר כאן נוקבו אותיות האלף־בית והמספרים מאפס עד תשע וסימני קריאה מיוחדים.



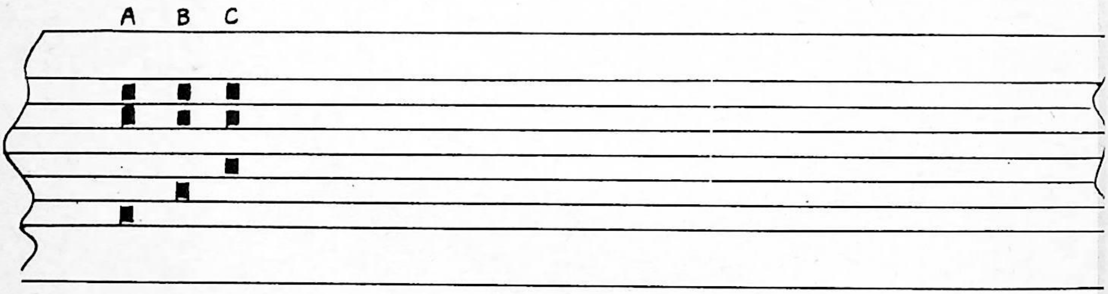
התוכל לענות על השאלות הבאות?

1. איזה הם החורים המסמנים את האות א׳?
התשובה הנכונה היא: חור בשורה 12 וחור בשורה 1".
2. איזה הם החורים המסמנים את האות ק׳?
התשובה הנכונה היא: חור בשורה ה־0 וחור בשורה ה־7".
3. איזה הם החורים המסמנים את האות ו׳?
4. איזה הם החורים המסמנים את הסיפרה 6 (שמת לב כי לניקוב ספרה יש צורך בחור אחד בלבד?
5. איזה הם החורים המסמנים נקודה ?

הנה ציור מוגדל בהרבה של קטע מסרט מגנטי.



אנו רואים שישה ערוצים לאורכו של הסרט וכמה טורים החוצים אותו. הערוצים והטורים אינם נראים לעין אולם הם קיימים. אפשר למגנט נקודות מסויימות על הסרט והנקודות מיצגות אותיות או ספרות או כל סימן אחר. למשל, ראו כיצד מיוצגות האותיות A,B ו־C על גבי הסרט המגנטי:



הציור שלנו כאמור, מוגדל בהרבה. סרט מגנטי מכיל כשמונה מאות אותיות בכל שנים וחצי סנטימטרים, או יותר מעשרים ושלושה מיליון סימנים ואותיות בסליל כולו. לכן, אם אתה רוצה לומר הרבה למחשב, יהיה זה רעיון טוב להשתמש בסרט מגנטי. תוכנם של 230 ספרים בגודל ספרו של מארק טויין "עלילות תום סויאר" ימצא מקום על סליל אחד של סרט.

המחשב יזדקק לשמונה דקות בלבד כדי לקרוא את כל הסליל ולאחסן אותו בזכרונו. שערו בנפשכם, הוא מסוגל לקרוא 230 ספרים במשך 8 דקות!

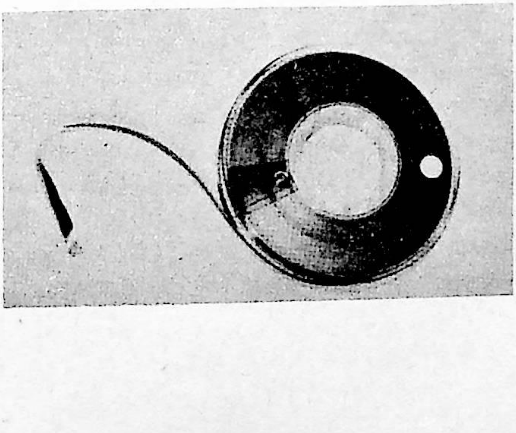
כך נראה קורא הסרטים:

סרטים מגנטים

שיטה אחרת למתן הוראות למחשב מה עליו לעשות היא השימוש בסרט מגנטי. מידע או הוראות מועברים ע"י תנודות מגנטיות על סרט מגנטי, הדומה לסרט הרשמקול הביתי הרגיל. אחר כך מועבר הסרט למכשיר המותקן במחשב, והוא המטפל בסרט. המחשב "קורא" את הסרט. כלומר, המידע מועבר אל זכרונו של המחשב.

זכרונו של מחשב אינו דומה כמובן לזכרון של אדם, כי הוא עשוי מפיסות מתכת וחוטים ומופעל בכוח חשמל. אך הוא פועל בצורה דומה למדי. זכרונו של המחשב מסוגל לזכור מספרים או קטעי מידע אחר שניתנו לו.

הבה נבדוק ביתר פירוט מהו סרט מגנטי וכיצד משתמשים בו. הסרט כרוך על סליל ואורכו כאלפיים מטרים. רוחבו של הסרט על הסליל הוא כסנטימטר וחצי. כלומר, כפליים רוחבו של סרט הרשמקול הביתי, אך הוא עשוי מאותו סוג של חומר.

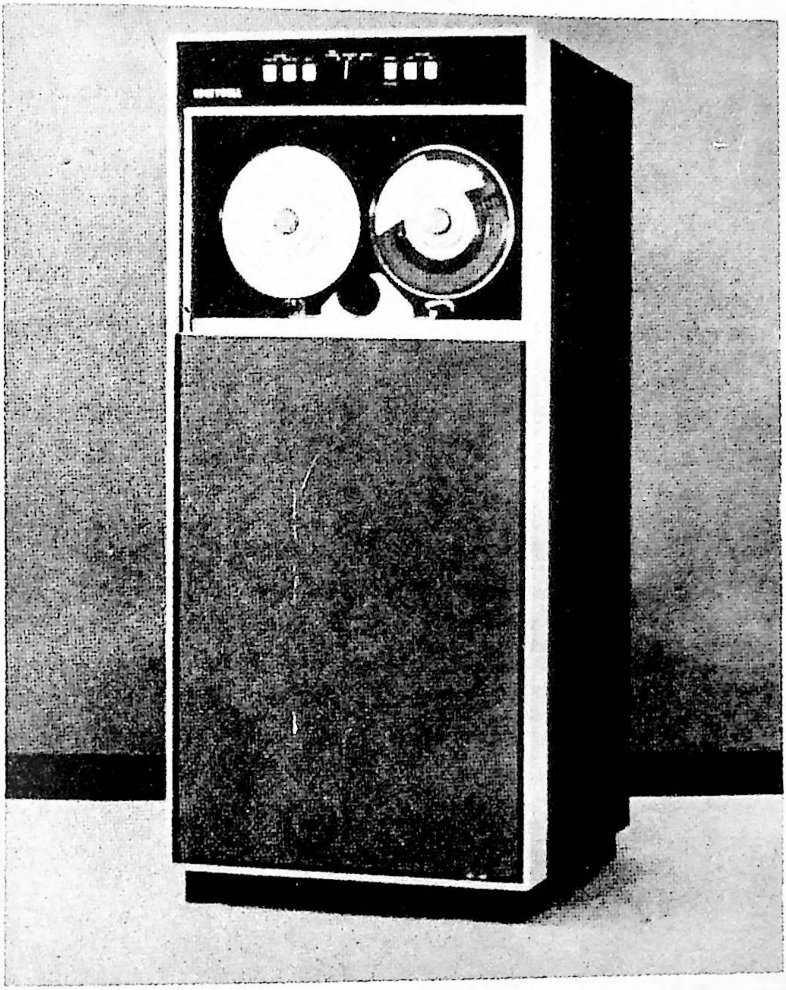


אם ניתנו הוראות מתאימות יכול הסרט להיקרא ולהיכתב בעת ובעונה אחת. בדרך כלל מועדף הסרט המגנטי על הכרטיס המנוקב מפני שהטיפול בו מהיר יותר והוא זקוק למקום החסנה מצומצם יותר.

לדוגמא, מהירות ההעברה של מידע אל זכרון המחשב היא גדולה פי חמישים ממהירות הקריאה מעל גבי כרטיסים מנקובים. וזאת מלבד החסכון בשטח ההחסנה. חדר שגודלו כחדר שינה רגיל יכול לאחסן כרטיסים מנוקבים שכמות המידע הכלולה בהם תמצא מקום על סליל אחד של סרט מגנטי.

המהירות מפתיעה אותך? מהירות הקריאה והאכסון בזכרון המחשב אכן מדהימה, אך מהירות החישוב של המחשב עולה על מהירות הקריאה שלו. המחשב מסוגל לחשב תרגילים ומספרים ברבע מן הזמן הדרוש לו לשם קריאתם.

1 של שתים ו-1 של אחת אנו רושמים: 11(2)	ס עשרות ו-3 יחידות אנו רושמים: 3



מניחים סליל עם סרט מוקלט על קורא הסרטים. הסרט שעל גבי הסליל עובר דרך המכונה הקוראת ונכרך על סליל ריק. המידע שעל הסרטו עובר באמצעות חוט חשמל אל זכרונו של המחשב. לאחר שכל החומר נקרא, מתרוקן הסרט. בדרך כלל כורכים שוב את הסרט על הסליל המקורי לשם שימוש חוזר.

אפשר להשתמש ב״קורא״ שעל קורא הסרטים גם לשם ״כתיבה״. כלומר, אפשר להעביר את המידע מתוך הזכרון דרך חוט חשמל ולהעבירו על סרט מגנטי. המידע נכתב על הסרט במהירות השווה למהירות הקריאה, הווה אומר, סליל שלם הטעון כולו חומר בכמות של עשרים ושלושה מיליון אותיות עובר במכשיר בקריאה או בכתיבה בתוך שמונה דקות.

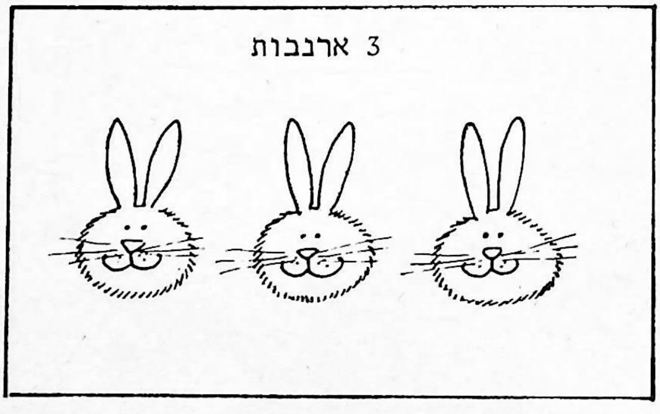
בחישוב מותר לנו להשתמש בכל אחד מן הסימנים או הספרות, לפי בחירתנו. אך לפני שנתחיל לרשום את פתרון התרגיל עלינו להחליט באיזה בסיס ספירה נשתמש.

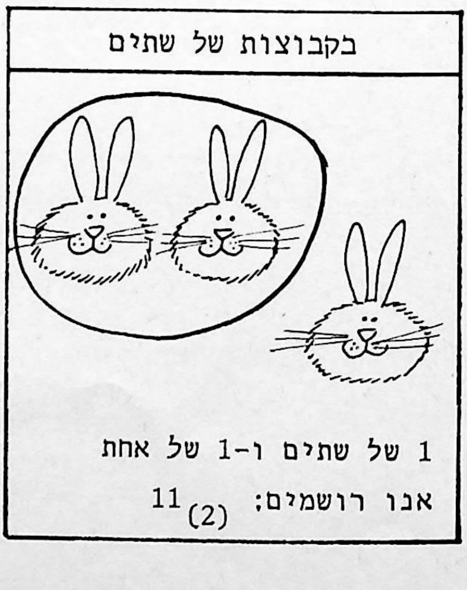
יתכן ואתה סבור שקשה לרשום "שלוש" לפי בסיס הספירה של המחשב; אך למעשה קל מאוד להבין את שיטת בסיס שתים. היא דומה מאוד לשיטה של בסיס עשר המוכרת לנו שנים רבות.

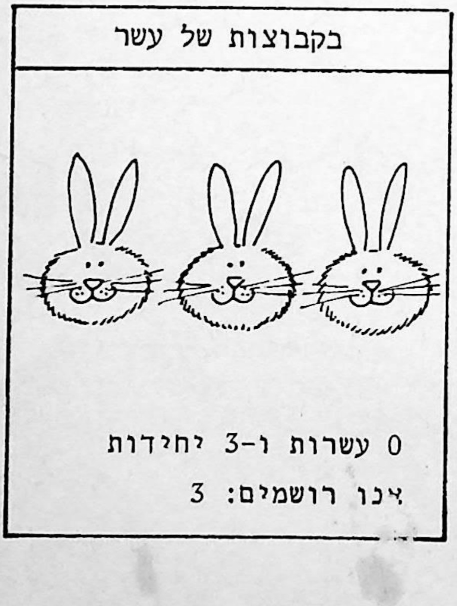
לאחר שתבין היטב את שיטת בסיס שתים תיווכח לדעת שפתרון תרגילים לפי בסיס שתים הוא משעשע מאוד בהשוואה לפתרון תרגילים בשיטה העשרונית הרגילה שלנו.

בסיס הספירה שלנו נקרא "בסיס עשר" מפני שאנו מחלקים את הכמויות שלנו לקבוצות בנות עשר יחידות. כשאנו מחליטים לחלק את הכמויות שלנו לקבוצות של שתים, נקרא לשיטת המנין "בסיס שנים".

התבונן בציור הבא וראה כיצד אנו מחלקים את אותו מספר עצמים לפי שתי השיטות:







כיצד מונה המחשב?

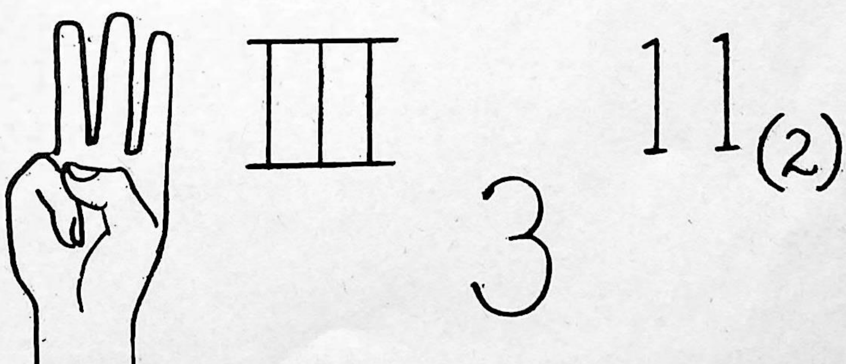
בפרק הקודם דברנו על קצב העבודה המהיר של המחשב במספרים. זכור לך בודאי שהמחשב יכול לפתור בתוך שניה אחת תרגילים שאדם יצטרך לעמול עליהם חמש עשרה שנים.

המענין ביותר באופן בו פותר המחשב תרגילים, היא שיטת המנין של המחשב.

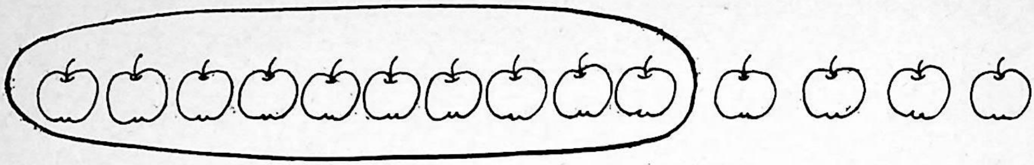
אנו משתמשים בעשר ספרות (9,8,7,6,5,4,3,2,1,0) שיטת מנין זו היא לפי "בסיס עשר" או השיטה העשרונית, ואילו למחשב שיטת מנין המכילה שתי ספרות (1,0) בלבד והיא לפי "בסיס שתים" או השיטה הבינארית.

אפשר לסמן מספרים שונים על ידי סימנים שונים, או ע"י ספרות. איש המערות, למשל, הראה שלוש אצבעות בבואו להסביר לחבריו כי צד שלוש ארנבות. התזכור את הסימן הרומי למספר שלוש? אכן, III הוא הסימן הרומי למספר שלוש. לפי השיטה העשרונית שלנו הספרה שלוש היא 3 ואנו מבינים כי היא מסמלת שלוש יחידות. המחשב אינו משתמש באף אחד מן הסימנים הללו. המחשב ירשום: 11(2).

כל הסימנים הללו ועוד רבים אחרים מבטאים "שלוש":



אומר, סליל שלם הטעון כולו חומר בכמות של עשרים ושלושה מיליון אותיות עובר במכשיר בקריאה או בכתיבה בתוך שמונה דקות.



המספר יכול להיות גם משובץ בתוך טבלת ערך:

יחידות	עשרות
4	1

בבסיס עשר ערכו של כל מקום גדול פי 10 מערך המקום שמימינו. אך בבסיס שתים גדול ערך המקום משמאל רק פי שנים מערך המקום שמימין. התבונן בטבלה למטה והשווה את ערך המקומות בבסיס עשר ובבסיס שתים:

x2	x2	x2	
יחידות	זוגות	רביעיות	?

x10	x10	x10	
יחידות	עשרות	מאות	?

ידוע לך שבמספר האלפים מופיעים לשמאלן של המאות, מפני ש: $1000 = 10 \times 100$ אך מה יופיע בשמאלה של הקבוצה ארבע? "שמונה" אתה אומר? ובכן נכון. כי $4 \times 2 = 8$

x2	x2	x2	x2	
יחידות	זוגות	רביעיות	שמיניות	?

הספרה 2 בתוך הסוגריים מסבירה שבסיס הספירה הוא שתים ולא עשר. המספר ייקרא: "אחד אחד בסיס שתים". הזהר לבל תקרא את המספר "אחד עשר" כי במקרה זה הוא יבטא עשרת אחת ויחידה אחת, לפי השיטה בבסיס עשר.

התאמן בקריאת המספרים הבאים בבסיס שתים:

$$10_{(2)}$$
$$101_{(2)}$$
$$110_{(2)}$$

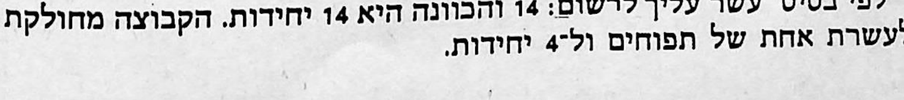
את המספרים קוראים כך:

"אחד אפס בסיס שתים"
"אחד אפס אחד בסיס שתים"
"אחד אחד אפס בסיס שתים"

המחשב עושה את כל חישוביו לפי בסיס שתים, וכשם שאנו איננו טורחים לרשום (10) כאשר אנו משתמשים בבסיס עשר, כן אין המחשב רושם (2) כאשר הוא משתמש בבסיס שתים.

הבה נחזור על כל מה שלמדנו: בסיס הספירה שלנו הוא "עשר" מפני שאנו מחלקים את המספר לקבוצות של עשרות. המחשב משתמש בבסיס ספירה אחר, "בסיס שתים" מפני שהוא מחלק את המספר לקבוצות בנות שתי יחידות. כאשר אנו פותרים תרגילים בבסיס שתים אנו רושמים (2) כדי לציין שהקבוצות מחולקות לקבוצות בנות שתי יחידות. המחשב מחשב תמיד בקבוצות של שתים ולכן אין הוא צריך לרשום כל פעם (2) לשם תזכורת.

יש לך ארבעה עשר תפוחים.

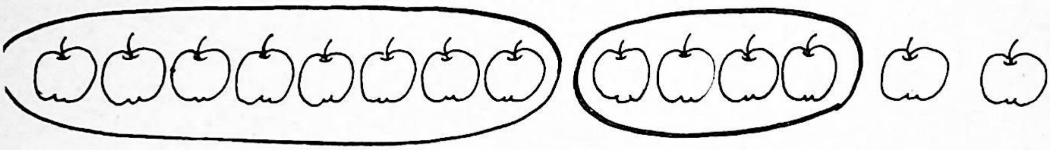


לפי בסיס עשר עליך לרשום: 14 והכוונה היא 14 יחידות. הקבוצה מחולקת לעשרת אחת של תפוחים ול־4 יחידות.

אכן יש, מצאנו קבוצה של שמונה תפחים. ועתה קבוצה בת ארבעה תפוחים?

כן יש גם קבוצה של ארבעה תפוחים וקבוצה של שנים?

יש גם קבוצה של שנים, ולא נותרו עוד תפוחים.



הבה נרשום עתה את הקבוצות בטבלת ערך של בסיס שתים:

x2 x2 x2 x2 x2

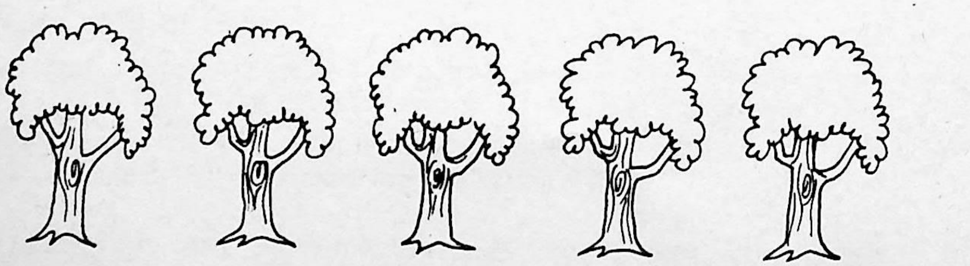
	שש-עשריות	שמיניות	רביעיות	זוגות	יחידות
		1	1	1	0

המספר כולו יהיה 1110(2). אנו חייבים לרשום אפס במקום היחידה — מכיוון שאין לנו תפוח יחיד.

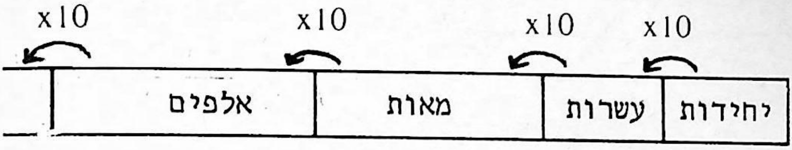
וכיצד מבטאים את המספר 1110(2)?

"אחד אחד אחד אפס, בסיס שתים". נכון, כך צריך לומר. אילו אמרת "אלף מאה ועשר" היתה זו שגיאה, כי הספירה לא נעשתה בבסיס עשר. המספר 1110(2) פירושו: קבוצה של שמונה, קבוצה של ארבע, קבוצה של שתים ואין יחידים או אפס יחידות.

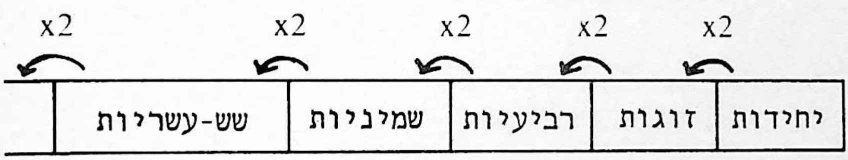
נסה לסדר את העצים המצויירים כאן לפי בסיס שתים:



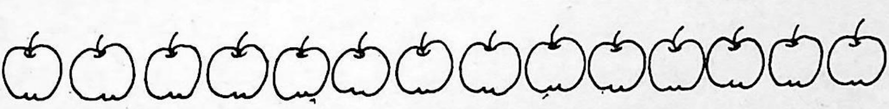
התוכל למצוא את ערך המקום משמאל לשמונה?
אכן, ערך המקום בטבלה יהיה שש עשרה מפני ש: 16 = 2 × 8.
נחזור שנית על ערך המקום במספר לפי בסיס עשר: עלינו לזכור שערך המקום לשמאל הוא פי עשר משכנו מימין. כלומר:



ולפי בסיס שתים ערך המקום לשמאל הוא גדול פי שנים משכנו מימין:



ובשיטה זו משתמש המחשב.
ועתה נחזור אל 14 התפוחים:

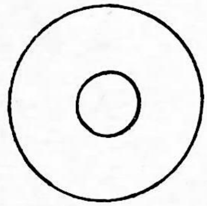


חילקנו לעשרות. מיד גילינו שאין לנו מאות, אך יש לנו עשרת אחת. אפשר לחלק את התפוחים גם לקבוצות בנות שנים ולרשום את המספר לפי שיטת בסיס שתים. וכיצד נעשה זאת?
הישנם שישה עשר תפוחים? — אין די תפוחים. וקבוצה של שמונה?

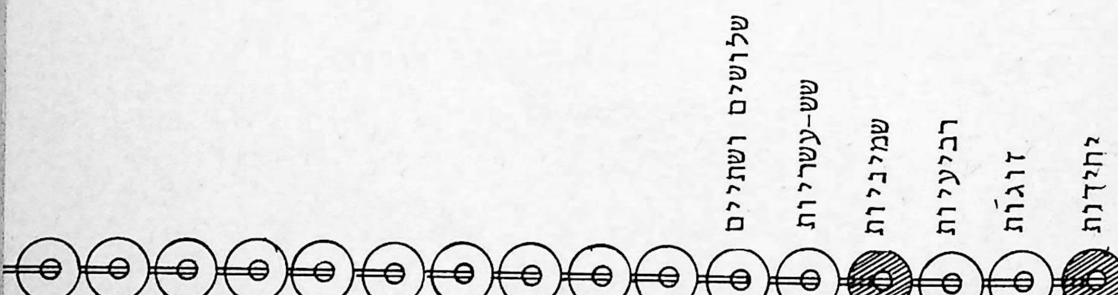


ובכן, השאלה טובה וחשובה והרי ההסבר:

המחשב אינו אלא מכונה הפועלת בכוח חשמל. כמו הנורה במנורת החדר. אם לוחצים על הכפתור, נדלקת הנורה ואם אין לוחצים היא אינה נדלקת. במחשב אין, כמובן נורה, אך יש בו חלקיק קטן הנקרא "טבעת" וכך נראית אותה טבעת:



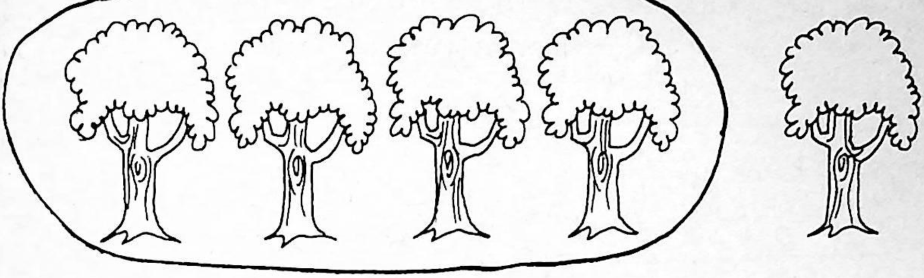
במחשב יש טבעות רבות זעירות עשויות מתכת. הן, כאמור, קטנות מאוד והציור שלפנינו מוגדל בהרבה. גודלן הטבעי של הטבעות אינו יותר מגודל הנקודה שבסופו של משפט זה.
מיגנוט או אי מיגנוט (ע"י זרם חשמלי) הטבעות יגרום להם לבטא אפס או אחד. התבונן במחרוזת הבאה המונה שישה עשר טבעות:



מיד ניכר שהמחרוזת היא ממש טבלת ערך של בסיס שתים. כל טבעת — משבצת.
נניח שטבעת שחורה מבטאת 1 וטבעת לבנה מבטאת 0.

איזה מספר רשום במחרוזת הטבעות?

נוכחת לדעת שיש קבוצה של ארבעה עצים ועץ אחד נותר.



רשום עתה את מספר העצים בטבלת ערך של בסיס שתים.

יחידות	זוגות	רביעיות	שמיניות	

בודאי תרשום 1 במשבצת הארבע ו־1 במשבצת היחידה. אך כלום זכרת כי אתה חייב לרשום 0 במשבצת השתים; מכיוון שאין קבוצה של שתי יחידות?

יחידות	זוגות	רביעיות	שמיניות	
1	0	1		

את המספר כולו 101(2) מבטאים כך: "אחד אפס אחד, בסיס שתים". כדי להפכו למספר לפי בסיס עשר יש לרשום:

4 = 1 — קבוצה של ארבע עצים
0 = 0 — קבוצה של שני עצים
1 = 1 — עץ אחד יחיד

$$\begin{array}{r} 4 \\ 0 \\ +\ 1 \\ \hline 5 \end{array}$$

מצאנו איפוא, ש 101(2) = 5 בסיס עשר

גילינו את סוד עבודתו של המחשב בספרות: הוא עובד בספרות בבסיס שתים. המחשב משתמש בשתי ספרות בלבד: 0 ו־1.

עכשיו אתה שואל שאלה חשובה ונכונה: מדוע משתמש המחשב בבסיס שתים ולא בבסיס עשר, כפי שנוהגים כולם?

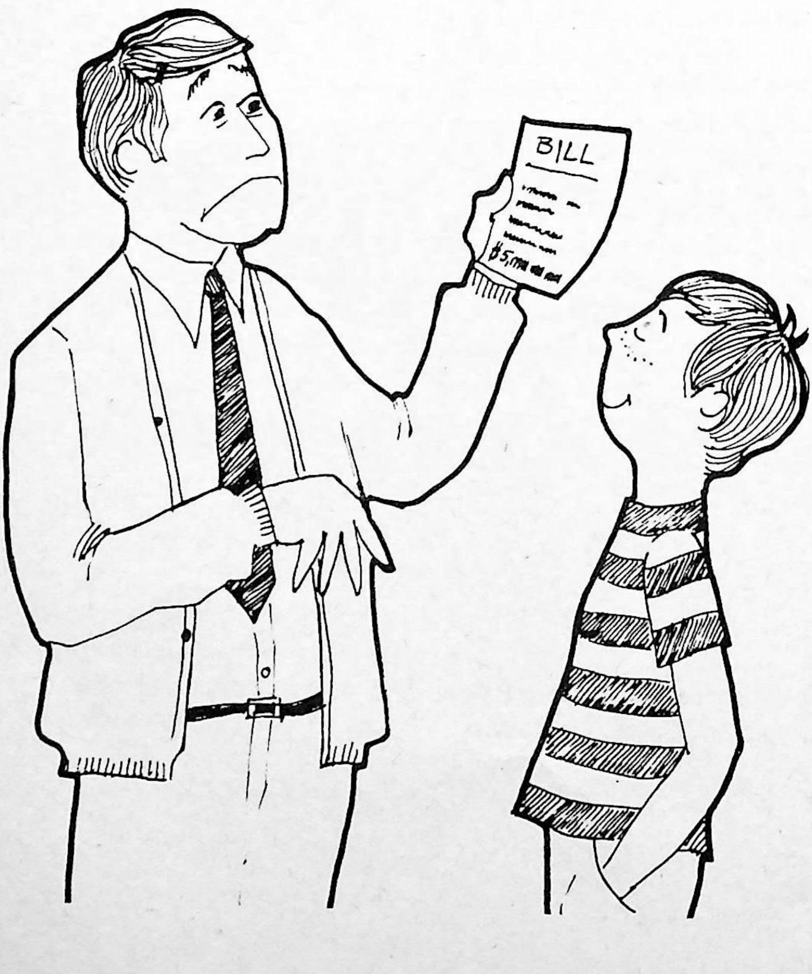
והנה בעיה קשה יותר: התוכל לפתור?

0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0

מפעיל המחשב מוסר למחשב מספרים בבסיס עשר, מכיוון שהמפעיל רגיל לכך. המחשב הופך באופן אוטומטי את המספרים מבסיס עשר למספרים בבסיס שתים, (מספרים בינאריים) וזאת לפני שהוא מתחיל לפעול.

המספרים הבינאריים נושאים בחובם לא אחת הפתעות למי שאינו רגיל להם. הבה ונחזור על סיפור ישן וחביב:

מעשה בילד שהבטיח לאביו לעשות את כל עבודות הבית במשך חודש אחד וזאת תמורת שכר זעום של אגורה אחת ביום הראשון, שתי אגורות ביום השני, ארבע אגורות ביום השלישי, שמונה אגורות ביום הרביעי וכן הלאה. (באופן זה הכפיל הילד את שכרו בכל יום). כמה כסף היה האב המסכן חייב לבנו תמורת שלושים ימי עבודת בית? — יותר מחמישה מיליון לירות!



התשובה היא 9. וכיצד? ישנה טבעת שחורה ב״שמונה״ וטבעת שחורה ב״יחידה״. כלומר $8+1=9$ והמספר $1001_{(2)}$ (טבעת שחורה ב״שמונה״ טבעת לבנה במקום של הרביעיות, טבעת לבנה במקום של הזוגות וטבעת שחורה במקום של היחידות).

~~הקו החוצה את הטבעות בציור הוא חוט חשמל כפול.~~ החוט האחד ממגנט את הטבעות כך שתבטאנה ״אחד״ והחוט האחר ממגנט את הטבעות כך שתבטאנה ״אפס״. עכשיו ברור לנו מדוע משתמש המחשב בשיטת הספירה לפי בסיס שתים, המכילה את הספרות 0 ו־1 בלבד.

במהירות של חלק המיליון של שניה יכול המחשב למגנט טבעת לבטא ״אחד״ ולהחליפו ל״אפס״ ולהיפך.

ה״אפס״ וה״אחד״ מכונים ״סובית״. מאחר שלמדת כבר כיצד פועלת שיטת הספירה בבסיס שתים, או השיטה הבינארית, תהיה בודאי מסוגל לפרש את משמעות הסוביות הבאות:

											שש-עשריות	שמיניות	רביעיות	זוגות	יחידות
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

המספר הוא שנים, מפני שבסובית שלפנינו ה״אחד״ הוא בטבעת הנמצאת במשבצת ״שתים״.

ומה מבטאות הסוביות הבאות:

												שמיניות	רביעיות	זוגות	יחידות
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1

המספר הוא 11. כי בסוביות שלפנינו ה״אחד״ הוא בטבעת הנמצאת במשבצות ״שמונה״ שתים״ ו״יחידה״, ואנו יודעים כי $8+2+1=11$

נסה לחשב את המספר הבא:

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1

כיצד מחבר המחשב

התרגיל שלפנינו אינו קשה:

$$
\begin{array}{r}
479 \\
+\ \ 361 \\
\hline
\end{array}
$$

התשובה: 840. ואנו פותרים אותו בקלות. מדוע? כי אנו זוכרים על פה את טבלת הערך של בסיס עשר. אין אנו צריכים לחשוב הרבה כדי לדעת כמה הם 9 ועוד 1. מיד אנו יודעים כי הם 10. כשלמדנו חיבור פשוט, למדנו כי יש צורך להעביר מספר מקבוצה אחת לקבוצה הגבוהה יותר. נחזור אל התרגיל:

$$
\begin{array}{rrr}
4 & 7 & 9 \\
+3 & 6 & 1 \\
\hline
\end{array}
$$

9 ועוד 1 הם 10. אולם אי אפשר לרשום 10 במשבצת היחידות של טבלת הערך. אנו חייבים להעביר את הנותר לקבוצה גבוהה יותר, כלומר נרשום 0 במשבצת היחידות ונוסיף 1 לקבוצת העשרות.

★★★★★★★★★★ + ★ = ★★★★★★★★★★★

רשמנו את ה־0 בטור היחידות ואת ה־1 בטור העשרות.

$$
\begin{array}{rrrr}
 & & 1 & \\
 & 4 & 7 & 9 \\
+ & 3 & 6 & 1 \\
\hline
 & & & 0
\end{array}
$$



וסיפור שני: מעשה באיכר הודי, ממציא משחק השחמט. לפני שנים רבות המציא האיכר את המשחק והשליט, שהיה מרוצה מאוד מן המשחק החדש אמר לממציא: מה תבקש בתמורה? "אדוני", אמר האיכר, "תן לי גרגיר חיטה אחד בעד המשבצת הראשונה בלוח, שני גרגירים בעד המשבצת השניה, ארבעה גרגירים בעד המשבצת השלישית, שמונה גרגירים בעד המשבצת הרביעית וכן הלאה, בעד כל המשבצות שבלוח השחמט. זאת, רק זאת בקשתי".

"הוי, אויל מסכן", אמר השליט, "לו יהי כן".

אולם האויל היה בעצם השליט, שלא הבין את גודל בקשתו של האיכר. וכדי למלא את משאלתו ולעמוד בהבטחתו נאלץ השליט למלא אסם ענק שאורכו מאה מילין ורוחבו מאה מילין וגובהו מאה מילין בגרגירי חיטה. מספר הגרגירים שקיבל האיכר היה לא פחות מ־20 קווינטיליון גרגירים (קווינטליון מספר עם 18 אפסים).

מסתבר שהאיכר לא היה איכר בלבד כי אם גם מתימטיקאי מובהק.

טעות!!
20 קוינטיליון גרגרי חיטה היו
שם במשבצת ה- 32. במשבצת ה- 64 היו
שם הרבה יותר!!! אין מספיק גרגירים בעולם
כדי למלא את המשבצת ה- 64

עתה נחבר את משבצת השתים. אנו יודעים ששתים 1 ועוד שתים 1 הם 2 שתים, אך אי אפשר לרשום את הספרה 2 במשבצת שתים, ומדוע? מפני שבשיטה הבינארית, או בבסיס שתים אין הספרה 2 קיימת. הספרות היחידות הן 0 ו־1. לכן, ממש כמו בבסיס עשר, שבו רושמים 0 יחידות ו־1 עשרת, כך עלינו לרשום את שתי ה־2 שלנו בסדר קבוצתי אחר. אנו יודעים כי שתי 2 מהווים יחד 1 ארבע:



עתה לא נותרה לנו עוד קבוצה של שתים. נרשום איפוא, 0 במשבצת השתים ונרשום 1 במשבצת הארבע.

	רביעיות	זוגות	יחידות
	1		
		1	$1_{(2)}$
+		1	$0_{(2)}$
		0	$1_{(2)}$

הגיע תור החיבור של משבצת ארבע. אנו ידועים שארבע 1 ועוד 0 ארבע הם 1 ארבע. והתשובה בידנו:

	רביעיות	זוגות	יחידות
	1		
		1	$1_{(2)}$
+		1	$0_{(2)}$
	1	0	$1_{(2)}$

התרגיל היה קל לפתרון מפני שידענו כיצד לשנות את סדר קבוצתי. נוכל לבדוק את התוצאה אם נהפוך את התרגיל ל"בסיס עשר":

עתה עלינו לחבר את העשרות. אנו יודעים שעשרת אחת ועוד 7 עשרות ועוד 6 עשרות הם 14 עשרות. מאחר ואי אפשר לרשום 14 במשבצת העשרות אנו רושמים 4 במשבצת העשרות ו־1 במשבצת המאות:

$$\begin{array}{rrrr} & 1 & 1 & \\ & 4 & 7 & 9 \\ + & 3 & 6 & 1 \\ \hline & & 4 & 0 \end{array}$$

נמשיך ונחבר את המאות. מצאנו כי 1 מאה ועוד 4 מאות ועוד 3 מאות הם 8 מאות. נרשום איפוא 8 במשבצת המאות, והרי הפתרון:

$$\begin{array}{rrrr} & 1 & 1 & \\ & 4 & 7 & 9 \\ + & 3 & 6 & 1 \\ \hline & 8 & 4 & 0 \end{array}$$

התרגיל קל מפני שאנו זוכרים כיצד מחברים ספרות ולמדנו לסדר את המספרים בקבוצות.

ומה הקשר בין כל אלה למחשב? כבר אמרנו שהמחשב משתמש בחישוב כ"בסיס שתים" ומכיוון שאנו יודעים לשנות את הקבוצות וזוכרים כי $0=0+0$ ו־$1=0+1$ נמצא שהחיבור לפי בסיס שתים הוא פשוט כמו החיבור לפי בסיס עשר.

לפנינו תרגיל חיבור בבסיס שתים, הדומה לתרגיל שהמחשב עשוי לפתור:

$$\begin{array}{rr} & 11_{(2)} \\ + & \underline{10_{(2)}} \end{array}$$

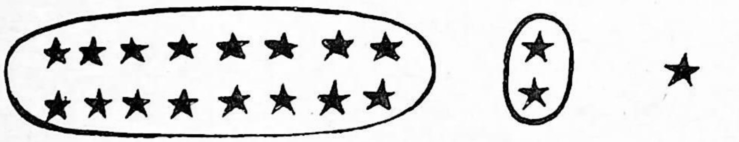
אנו יודעים שיחידה 1 ועוד 0 יחידות הם 1 יחידה, רושמים את ה־1 במשבצת היחידות.

$$\begin{array}{rrr} & \text{זוגות} & \text{יחידות} \\ & 1 & 1_{(2)} \\ + & 1 & 0_{(2)} \\ \hline & & 1 \end{array}$$

השלב הבא הוא חיבור 1 שמונה ועוד 1 שמונה. שווה 2 שמונה. אך אנו איננו רושמים 2 במשבצת שמונה. התזכור מדוע? נכון, אין סיפרה 2 בבסיס שתיים. צריך לשנות את הסדר הקבוצתי. אנו יודעים ש־2 שמונה הם 1 שש־עשרה. ובכן, נרשום 0 במשבצת השמונה ונעביר אל השש־עשרה את האחד שנתקבל מ־2 השמונה.

$$\begin{array}{r} 0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,1\,0 \\ +\;0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,0\,1 \\ \hline 0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,0\,0\,1\,1 \end{array}$$

הפתרון הוא (2)10011. התוכל לשנות את הפתרון למספר לפי בסיס עשר?



1 שש-עשרה 1 שתים 1 אחת

כלומר, 19 = (2) 10011.

3 + 2 = 5

★ + ★ ★ = יחידה 1 + שתיים 1 =(2) 1 1

★ ★ = יחידה 0 + שתיים 1 =(2) 1 0

1 0 1 (2)

קראנו בספר שהמחשב אינו רושם את הסימן (2) מכיוון שהוא פותר את תרגיליו אך ורק לפי בסיס שתים. הבה ננסה לפתור תרגיל בבסיס שתים ממש כפי שעושה זאת המחשב:

													שמיניות	רביעיות	זוגות	יחידות
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

אנו יודעים ש־0 יחידות ועוד 1 יחידה הם 1 יחידה. כותבים 1 במשבצת היחידות.

```
  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1
---------------------------------
                                1
```

עכשיו נחבר שתים 1 ושתים 0 התוצאה: שתים 1. אנו רושמים 1 במשבצת השתיים:

```
  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1
---------------------------------
                              1 1
```

את העובדה שאין ארבע רואים מיד. ובכן, רושמים 0 במשבצת הארבע.

```
  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0
+ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1
---------------------------------
                            0 1 1
```

PROGRAMMING FORM

PROGRAMMER ______ FOR ______

PROGRAM ______ DATE ______ PAGE ___ OF ___

IDENTITY

PAGE | SERIAL | CONT | A | B

```
       READ-PARA.

           READ PAY-MASTER AT END GO TO END-RUN.

           IF DEPARTMENT EQUALS PREVIOUS-DEPARTMENT GO TO PROCESS,
                ELSE PERFORM PRINT-TOTAL THRU ADD-TOTALS.

       PROCESS.

           MOVE CLOCK# TO PRINT-CLOCK.
           MOVE RATE TO PRINT-RATE.
           MOVE NAME TO PRINT-NAME.
           MULTIPLY RATE TIMES HOURS GIVING GROSS-WAGES ROUNDED
              ON SIZE ERROR DISPLAY "EXCESSIVE WAGES CALCULATED FOR ",
              CLOCK#, " POSSIBLE ERROR CONDITION EXIETS"
              DISPLAY "THIS CHECK IS REJECTED " GO TO READ-PARA.

           MOVE GROSS WAGES TO PRINT-WAGES.
           PERFORM CALCULATE-TAX.
           SUBTRACT FED-TAX, FICA-TAX, INSURANCE FROM GROSS-WAGES
                GIVING NET-PAYROLL.
           MOVE NET-PAYROLL TO PRINT-NET-PAY.
           WRITE PRINT-LINE BEFORE ADVANCING 2 LINES.
           GO TO READ-PARA
```

RPED4 9/68 3M

הערת המתרגמת:
מכיוון שבכתיבת טופס הקידוד משתמש המתכנת במלים מסויימות בשפה האנגלית המשמשות למחשב סימן כיצד עליו לפעול, ולא תמיד לפי הוראתן המילולית לא מצאתי טעם לתרגם את תוכנו של הטופס כלשונו.

בטופס הקידוד נדרש המחשב להכין משכורת לעובד לפי נתונים שניתנו לו בעבר ובהתאם לשכר ושעות הנוכחות בעבודה בחודש שעבורו מכינים את חשבון משכורתו.

תיכנות מהו?

"תיכנות" הוא מילה שהשימוש בה קשור במחשבים. ומובנה: "לומר למחשב מה עליו לעשות".

כידוע לך המחשב אינו אלא קופסא מלאה חוטים, מתגים, נורות ועוד חלקים קטנים אחרים. החלקים עושים את עבודתם יפה וביחד כאשר מפעילים אותם על ידי זרם חשמלי. אך עד שלא נאמר למחשב מה אנו רוצים אין הוא עושה דבר.

כאשר החלטנו מה אנו רוצים שהמחשב יעשה עלינו לרשום את כל ההוראות על גליון נייר. הגליון הזה הוא טופס קידוד.

על טופס כזה יש מקום רב לרישום הוראות. ואם אין די בגליון אחד משתמשים בנוספים. לאחר שסיימנו את כתיבת ההוראות למחשב יש בידנו תוכנית כתובה. ובכן מה היא תוכנית כזו? זוהי מערכת של הוראות שעל המחשב לבצע עבורנו. במלים אחרות, התוכנית אומרת למחשב את אשר עליו לעשות.

וכיצד ייאמר למחשב מה עליו לעשות? באופן המובן למחשב, כמובן. את התוכנית שאנו רושמים על טופס הקידוד יש להפוך למשהו שהמחשב יכול להבינו. וכיצד נעשה הדבר? טופס הקידוד נמסר למפעיל מכונת ניקוב. הנקבן או הנקבנית מנקבים בכרטיס את ההוראות הרשומות על טופס הקידוד. כאשר הושלמה פעולת הניקוב מעביר המפעיל את חבילת הכרטיסים המנוקבים למתכנת שרשם את ההוראות במקור.

עתה, הבה נחזור מעט על הידוע לנו: המחשב אינו יכול לעשות דבר בעצמו. יש לומר לו מה עליו לעשות. בני אדם אומרים למחשב את אשר עליו לעשות על ידי כתיבת הוראות על טופס קידוד. את טופס הקידוד מעבירים למפעיל מכונת ניקוב. המפעיל מנקב את ההוראות בכרטיסים. טופס הקידוד מהווה את התוכנית. עצם רישום התוכנית נקרא תיכנות.

האדם הרושם את ההוראות למחשב הוא המתכנת, ההוראות שעל גבי טופס הקוד מהוות את התכנית. עצם רישום התכנית נקרא תיכנות.

ומה קורה לאחר מכן? התוכנית נמסרת ל"קורא הכרטיסים" של המחשב. בודאי תזכור כי "קורא הכרטיסים" הוא מכשיר מיוחד המחובר למחשב. תפקידו לבחון את הכרטיסים בזה אחר זה ולבדוק מה רוצה המתכנת מן המחשב.

לאחר שהמחשב סיים את בדיקת הכרטיסים ויודע מה המתכנת דורש ממנו הוא ניגש לעבודת הפתרון.

כיצד כותבים תוכנית?

בפרק זה נשוחח על כמה דרכים בהם אפשר לומר למחשב מה עליו
עשות. במילים אחרות, נסביר כיצד עושים תוכנית אמיתית.
ניח שאנו רוצים שהמחשב יחבר בשבילנו שני מספרים גדולים וירשום את
התוצאה. הפקודה שניתן למחשב היא:

```
1 PRINT 4678 + 2498
```

כתוב 4678 + 2498

זוהי תכנית אמיתית למרות שהיא כוללת רק הוראה אחת. לאחר שהמחשב
בדוק את התכנית, הוא ירשום את התוצאה על גליון נייר.
התשובה תהיה, כמובן:

7176

הסימן + (סימן חיבור) משמש לנו כשאנו רוצים שהמחשב יבצע פעולת
חיבור. אם נרצה ממנו פעולת חיסור, נשתמש בסימן — (שהוא סימן
החיסור). אם נרצה להורות למחשב שיכפיל, נשתמש בסימן * (כוכב) ולשם
חילוק נרשום את הסימן / (לוכסן).

והרי תוכנית המכילה ארבע פקודות

```
1   PRINT   16 + 56
2   PRINT   25 - 3
3   PRINT   42 * 3
4   PRINT   81 / 27
```

כאן יש לזכור נקודה חשובה: המחשב אינו יכול לעשות את כל מה שאנו רוצים ממנו. הוא יכול לבצע משימות שתוכננו עבורו כאשר בנו אותו. אחרי ככלות הכל, אינך מצפה כי האופניים שלך יטוסו או שמקלט הרדיו שלך יבשל את ארוחת הערב. המחשב יכול להכפיל, לחלק, לחבר ולחסר. הוא מסוגל לבצע גם תפקידים אחרים, שעל אחדים מהם נשוחח בפרקים הבאים.

מי שרוצה לתכנת למחשב חייב לדעת מה בדיוק יכול אותו מחשב לעשות ומה אין הוא מסוגל לעשות. עליו גם לדעת באילו מילים עליו להשתמש כדי להכין את ההוראות שהמחשב יוכל למלא. המחשב אינו מבין עברית, או אנגלית, או כל שפה אחרת, למרות העובדה שיש להשתמש במילים כדי לעשות את התיכנות. המילים שבהן יכול המתכנת להשתמש צריכות להרשם בסדר מסויים וקבוע מראש, שאם לא כן לא יבין המחשב את הנאמר לו.

כיצד מגלים מה הן דרישות המחשב? כל מחשב נמסר למפעילים אותו יחד עם ספר הוראות שימוש מפורט. את ספר ההוראות יש לקרוא בזהירות רבה ויש למלא את ההוראות בדייקנות. המתכנת אינו רשאי לעשות שגיאת כתיב, למשָל, או לדלג על מילים חשובות, או אפילו לוותר על סימני פיסוק דרושים.

בפרק הבא נתאר בצורה פשוטה שפת תיכנות מקובלת כיום בין המתכנתים ובה הם נותנים למחשב הוראות מה עליו לעשות. ההבדל היחיד בין השפה המתוארת כאן לבין שפה ממשית הוא בכך שאנו נתאר רק את החלקים שקל להבינם.

כיצד כותבים תוכנית?

בפרק זה נשוחח על כמה דרכים בהם אפשר לומר למחשב מה עליו לעשות. במילים אחרות, נסביר כיצד עושים תוכנית אמיתית.

נניח שאנו רוצים שהמחשב יחבר בשבילנו שני מספרים גדולים וירשום את התוצאה. הפקודה שניתן למחשב היא:

```
1 PRINT 4678 + 2498
```

1 כתוב 2498 + 4678

זוהי תכנית אמיתית למרות שהיא כוללת רק הוראה אחת. לאחר שהמחשב יבדוק את התכנית, הוא ירשום את התוצאה על גליון נייר.

התשובה תהיה, כמובן:

7176

הסימן + (סימן חיבור) משמש לנו כשאנו רוצים שהמחשב יבצע פעולת חיבור. אם נרצה ממנו פעולת חיסור, נשתמש בסימן — (שהוא סימן החיסור). אם נרצה להורות למחשב שיכפיל, נשתמש בסימן * (כוכב) ולשם חילוק נרשום את הסימן / (לוכסן).

והרי תוכנית המכילה ארבע פקודות

```
1  PRINT  16 + 56
2  PRINT  25 - 3
3  PRINT  42 * 3
4  PRINT  81 / 27
```

כאן יש לזכור נקודה חשובה: המחשב אינו יכול לעשות את כל מה שאנו רוצים ממנו. הוא יכול לבצע משימות שתוכננו עבורו כאשר בנו אותו. אחרי ככלות הכל, אינך מצפה כי האופניים שלך יטוסו או שמקלט הרדיו שלך יבשל את ארוחת הערב. המחשב יכול להכפיל, לחלק, לחבר ולחסר. הוא מסוגל לבצע גם תפקידים אחרים, שעל אחדים מהם נשוחח בפרקים הבאים.

מי שרוצה לתכנת למחשב חייב לדעת מה בדיוק יכול אותו מחשב לעשות ומה אין הוא מסוגל לעשות. עליו גם לדעת באילו מילים עליו להשתמש כדי להכין את ההוראות שהמחשב יוכל למלא. המחשב אינו מבין עברית, או אנגלית, או כל שפה אחרת, למרות העובדה שיש להשתמש במילים כדי לעשות את התיכנות. המילים שבהן יכול המתכנת להשתמש צריכות להרשם בסדר מסויים וקבוע מראש, שאם לא כן לא יבין המחשב את הנאמר לו.

כיצד מגלים מה הן דרישות המחשב? כל מחשב נמסר למפעילים אותו יחד עם ספר הוראות שימוש מפורט. את ספר ההוראות יש לקרוא בזהירות רבה ויש למלא את ההוראות בדייקנות. המתכנת אינו רשאי לעשות שגיאת כתיב, למשָל, או לדלג על מילים חשובות, או אפילו לוותר על סימני פיסוק דרושים.

בפרק הבא נתאר בצורה פשוטה שפת תיכנות מקובלת כיום בין המתכנתים ובה הם נותנים למחשב הוראות מה עליו לעשות. ההבדל היחיד בין השפה המתוארת כאן לבין שפה ממשית הוא בכך שאנו נתאר רק את החלקים שקל להבינם.

בפרק זה דברנו בקצרה על תיכנות. והדיוק נעשה בפישוט רב. למרות שהדוגמאות שלנו הן אמיתיות יש עוד הרבה דברים שלא תיארנו בהן. התיכנות הוא הרבה יותר מסובך מאשר ניתן להבין מתוך הדברים שנכתבו. יש צורך בהרבה חודשי לימוד לפני שיוכל אדם להיחשב מתכנת מומחה.

המחשב ידפיס הפעם ארבע תשובות והן:

72	(56 ועוד 16)
22	(25 פחות 3)
126	(42 כפול 3)
3	(81 לחלק ל־27)

בדוגמא שלנו השתמשנו במספרים קטנים, אולם המספרים יכולים להיות גם הרבה יותר גדולים, כמו למשל 389274, 89654 או 924837. המחשב יתן פתרון לתרגילים המכילים מספרים גדולים באותה קלות כפי שהוא עשוי לתת פתרונות לתרגילים במספרים קטנים.

ועתה הבה נגיש למחשב תרגיל יותר קשה. נניח שאנו רוצים כי המחשב יפתור לנו בעיה שאינה בת תרגיל אחד, כי אם בת מאה תרגילים. למשל:

$$1 \times 1 = ?$$
$$2 \times 2 = ?$$
$$3 \times 3 = ?$$
$$4 \times 4 = ?$$
$$\vdots$$
$$100 \times 100 = ?$$

אתה מבין, שרצוננו הוא שהמחשב יכפיל 1 ב־1 וידפיס את התשובה ולאחר מכן יכפיל 2 ב־2 וידפיס את התשובה וכן הלאה. התכנית תרשם גם כן באותה צורה:

```
1   PRINT  1 * 1
2   PRINT  2 * 2
3   PRINT  3 * 3
4   PRINT  4 * 4
           .
           .
           .
           .
100 PRINT  100 * 100
```

טובוט, נהג המשאית האוטומאטי

בפרק זה נתאר לפניך משחק מחשבים הדורש ממך לחשוב ממש כפי שחושב המתכנת בבואו לפתור בעיות.

נניח שקיימת חברה בשם "יצרני מטריות אקמה". לחברה יש משאית אחת הנוסעת בין הערים באיזור, ואנו נכנה את הערים עיר א׳ ב׳ ג׳ ד׳ ה׳. בסיס החברה נמצא בעיר ה׳. הציור שמעבר לדף מראה את מקום הערים והמרחק שביניהן.

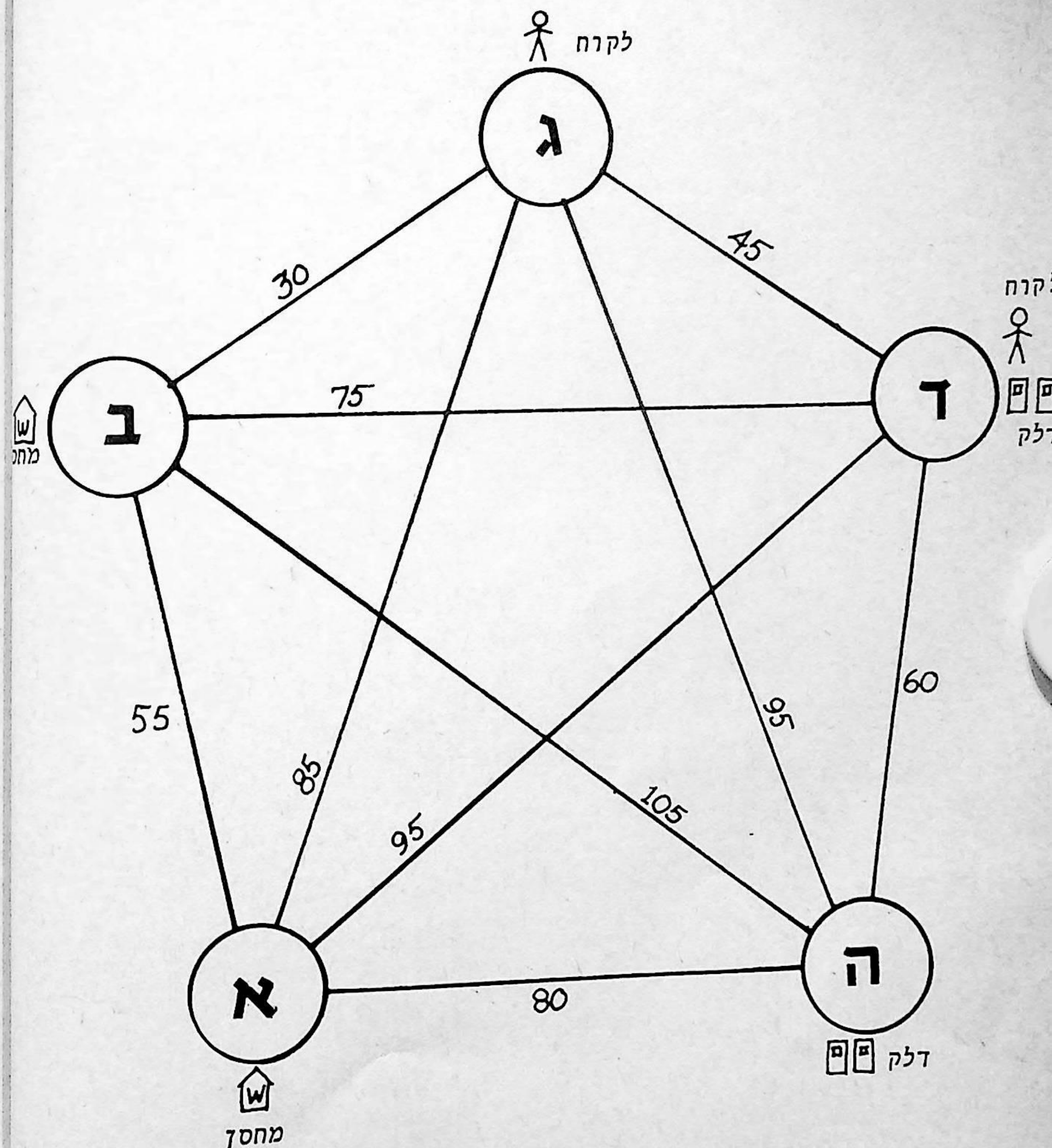
ישנם כבישים המובילים מעיר לעיר. המספרים מציינים את המרחק בקילומטרים בין עיר לעיר. לדוגמא, 48 קילומטרים בין ב׳ ג׳ — 95 קילומטרים בין א׳ ו־ד׳.

חברת יצרני מטריות אקמה מקיימת מחסנים בערים א׳ ו־ב׳ ויש לה לקוחות בעיר ג׳ וד׳. (יש לקוח אחד בעיר ג׳ ולקוח אחד בעיר ד׳). (הלקוחות הם בתי כלבו המוכרים מטריות מתוצרת אקמה).

בעיר ד׳ וה׳ יש תחנות דלק. המשאית יכולה לנסוע 225 קילומטרים לפני שאוזל הדלק במיכל.

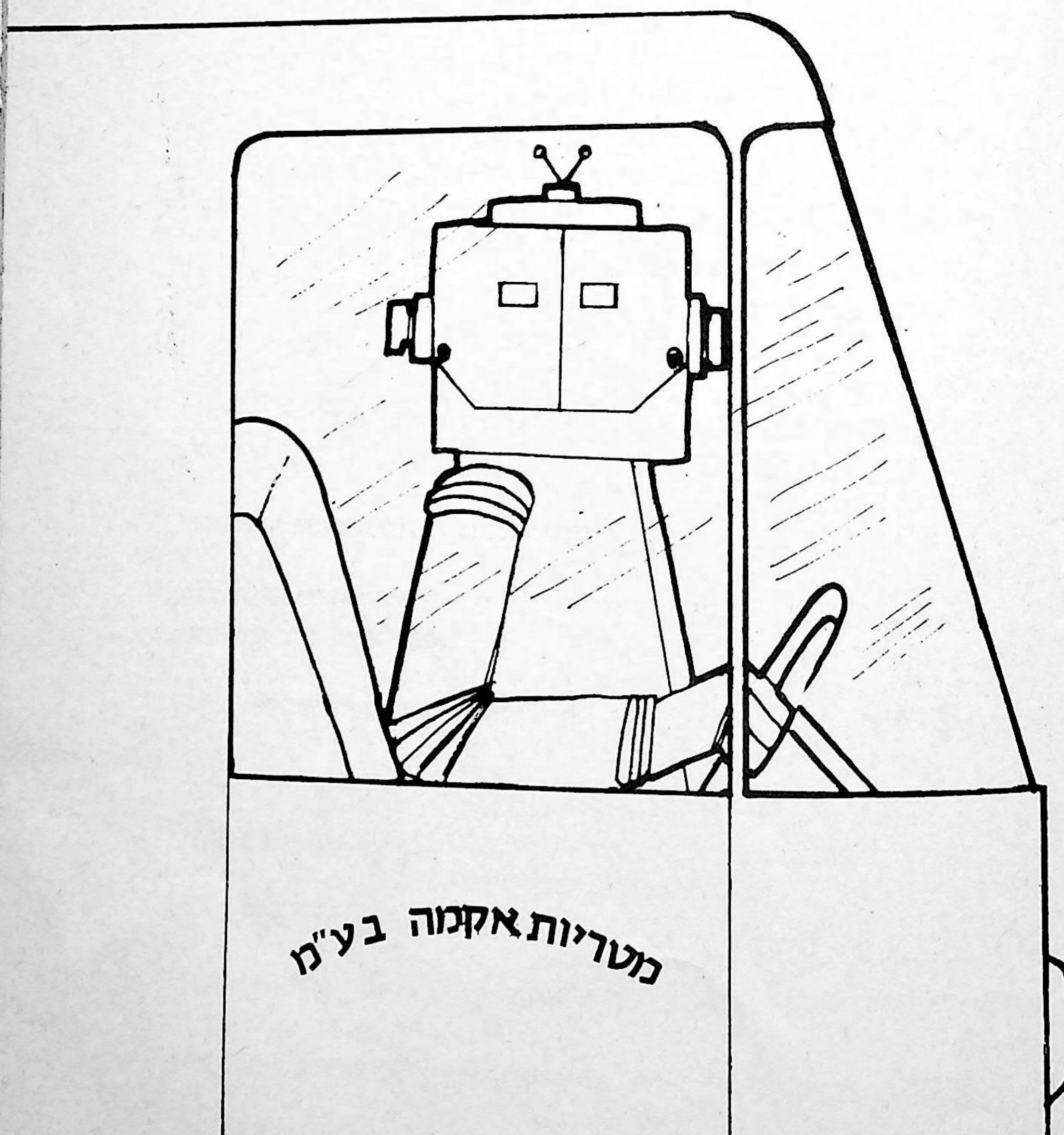
החברה המייצרת את המטריות הללו היא חברה מפותחת וחדשנית והיא מנסה להשתמש בנהג המשאית האוטומאטי הראשון שנוצר אי פעם. הרובוט (שנקרא לו בסיפור שלנו "טובוט הרובוט") נבנה כך שהוא מסוגל לנהוג משאית מעיר אחת לעיר אחרת. טובוט ממלא אחרי כל הוראות תמרורי הדרך ונשמע להוראות הבטיחות בדרכים. הוא מסוגל לקרוא הודעות הרשומות על פיסות נייר. אך אוצר המילים שלו מוגבל מאוד. הוא מבין רק את המילים הבאות:

"התנע את מנוע המשאית"
"דומם את מנוע המשאית"
"מלא המשאית בדלק"
"נהג המשאית למחסן ב..."
"נהג המשאית אל הלקוח ב..."
"נהג המשאית לתחנת הדלק ב..."
"נהג המשאית למוסך ב־ה׳"
"טען... מטריות על המשאית"
"פרוק .... מטריות מן המשאית"


לקרח
ג
30
45
ב
75
ד
55
85
95
105
95
60
א
80
ה
דלק
מחסן

בן־אדם אין הוא פועל כמו בן־אדם. הוא לא ינסה לבקש עזרה. טובוט פשוט יחכה במשאית העומדת עד שמנהל החברה ירגיש בהעדרו וישלח לחפש אחריו.

תיכנות מחשב דומה מאוד לתיכנות עבודתו של טובוט. צריך לחשוב על כל תקלה מראש. נניח למשל, שטובוט אינו מקבל הוראה למלא את המשאית בדלק לפני צאתו לדרך. מה לדעתך יקרה אז? מתקבל על הדעת שהדלק יאזל זמן קצר אחר תחילת הנסיעה כי אפשר שלא נותר הרבה דלק מן הנסיעה הקודמת.



מדי בוקר בודק מנהל חברת המטריות את ההזמנות שקיבל מן הלקוחות בערים ג׳ וד׳. ולאחר מכן הוא מתכנן את נסיעתו של טובוט. ההוראות שמנהל החברה ירשום על פיסת נייר יכולות להיות אלה:—

„התנע את מנוע המשאית"
„נהג המשאית לתחנת דלק בה'"
„מלא המשאית בדלק"
„נהג המשאית למחסן בא'"
„טען 75 מטריות על המשאית"
„נהג המשאית ללקוח בג'"
„פרוק 75 מטריות מן המשאית"
„נהג המשאית למוסך בה'"
„דומם מנוע המשאית".

זאת המשימה המוטלת על טובוט. אם תבחן את התוכנית בתשומת לב, תראה שעל טובוט להתניע את המנוע, למלא את מיכל המכונית בדלק לפני שיצא לדרך. עליו להוביל את המשאית לעיר א׳ ולקחת משם 75 מטריות ולהטעינן על המשאית. את המטריות יש להביא ללקוח בעיר ג׳. ולבסוף על טובוט לחזור עם המשאית לעיר ה׳ ולדומם את המנוע.

התוכל לענות על שתי השאלות הבאות:

1 האם יש מספיק דלק במכונית לביצוע הנסיעה?
2. איזו הוראה יש לכלול בתוכנית כדי שתוכל להתבצע?

התשובה לשאלה הראשונה היא, „לא". אין די דלק במשאית כדי להסיעה מה׳, לא׳ ולג׳ ולהחזירה לבסוף לה׳. אורך הדרך הוא 260 קילומטרים ובמשאית יש רק דלק ל־255 קילומטרים.

למרבה המזל יש תחנת דלק בעיר ד׳, שהיא במרחק 45 קילומטרים מג׳. אם ילך טובוט לתחנת הדלק בד׳ וימלא את מיכל המשאית לפני הנסיעה הביתה, יהיה לו דלק מספיק לסיום הנסיעה. כדי להשלים את ההוראות ולאפשר את ביצוע התוכנית יש לכלול בתכנית של טובוט את ההוראות הבאות:

„נהג המשאית לתחנת הדלק בד'"
„מלא המשאית בדלק"

את ההוראות הללו יש להכניס לפני ההוראה:
„נהג המשאית למוסך בה'"

מה היה קורה, לדעתך, אילו קיבל טובוט תוכנית שגויה, למשל תכנית שתגרום לכך שהדלק יאזל לפני שהמשאית המגיעה הביתה? נכון, המשאית היתה נעצרת מחוסר דלק בדרך אי־שם בין ג׳ לה׳. מכיוון שטובוט אינו

צריך לטעון 100 מטריות ולא 30.
וההוראה הבאה:

"נהג המשאית ללקוח בא'"

אולם א' אינו המקום הנכון. טובוט צריך לנסוע לד'. דרך אגב, ל"יצרני מטריות אקמה" אין כלל לקוחות בעיר א'. לקוחות החברה הם בערים ג' וד'.

שלוש ההוראות האחרונות בתכנית הן נכונות.

זוהי תכנית גרועה ביותר, ואל לך לבוא בטענה אל מנהל החברה אם יגער בך. נכון, כל אדם עלול לשגות ואנו בטוחים שהתכנית הבאה תהיה הרבה יותר טובה. נסה אותה:

טובוט צריך לנסוע לב' ולקחת 75 מטריות. עליו להביא 60 מטריות ללקוח בעיר ג' ו־15 מטריות ללקוח בד'. כתוב לטובוט תכנית לפיה יבצע את העבודה, תוך נסיעה בדרך הקצרה ביותר.

זהו הפתרון הנכון:

"התנע את מנוע המשאית"
"נהג המשאית לתחנת הדלק בה'"
"מלא המשאית בדלק"
"נהג המשאית למחסן בב'"
"טען 75 מטריות על המשאית"
"נהג המשאית ללקוח בג'"
"פרוק 60 מטריות מן המשאית"
"נהג המשאית ללקוח בד'"
"פרוק 15 מטריות מן המשאית"
"נהג המשאית לתחנת הדלק בד'"
"מלא המשאית בדלק"
"נהג המשאית למוסך בה'"
"דומם מנוע המשאית".

טובוט יסע 240 קילומטרים לשם ביצוע התוכנית. אילו נאמר לטובוט שעליו לנסוע קודם לד' ואחר כך לג', האם יצטרך לנסוע יותר קילומטרים? כן. במקרה כזה יצטרך טובוט לנסוע 320 קילומטרים.

לפנינו תוכנית אשר בה רק שגיאה אחת. למרות העובדה שהתוכנית כמעט מושלמת אין היא יכולה להתבצע. המחשבים, ממש כמו טובוט, הם דקדקנים מאוד. הכל חייב להיות מושלם, ולא — אין הם עושים את הנדרש מהם.

נניח לרגע שאתה מתכנת חדש וצעיר בחברת "יצרני מטריות אקמה". תפקידך הוא לרשום תוכנית לפיה צריך טובוט לנסוע לב' לקחת משם 100 מטריות ולמסור אותם ללקוח בד'. האם התוכנית הרשומה למטה טובה, ואם לא, היכן השגיאה?

"התנע את מנוע המכונית"
"נהג המשאית לתחנת הבנזין בה'"
"מלא מיכל המשאית בדלק"
"נהג המשאית למחסן בא'"
"טען 30 מטריות על המשאית"
"נהג המשאית ללקוח בא'"
"פרוק 100 מטריות מן המשאית"
"נהג המשאית למוסך בה'"
"דומם מנוע המשאית".

התוכנית אינה ניתנת לביצוע. יש בה כמה שגיאות, אך גם אילו היתה בה רק שגיאה אחת לא יוכל טובוט לפעול כראוי. מה הן השגיאות? ראשית:

"התנע את מנוע המכונית"

השתמשת במילה בלתי נכונה. יש לומר "המשאית" ולא "המכונית". זכור שטובוט איננו בן־אדם. הוא אינו יודע שהמשאית היא גם מכונית. יש להשתמש אך ורק במילים שהוא מבין.

ההוראה הבאה היא:

"נהג המשאית לתחנת הבנזין בה'".

המילה בנזין היא שגיאה. יש לומר דלק.

ההוראה הבאה היא:

"מלא מיכל המשאית בדלק"

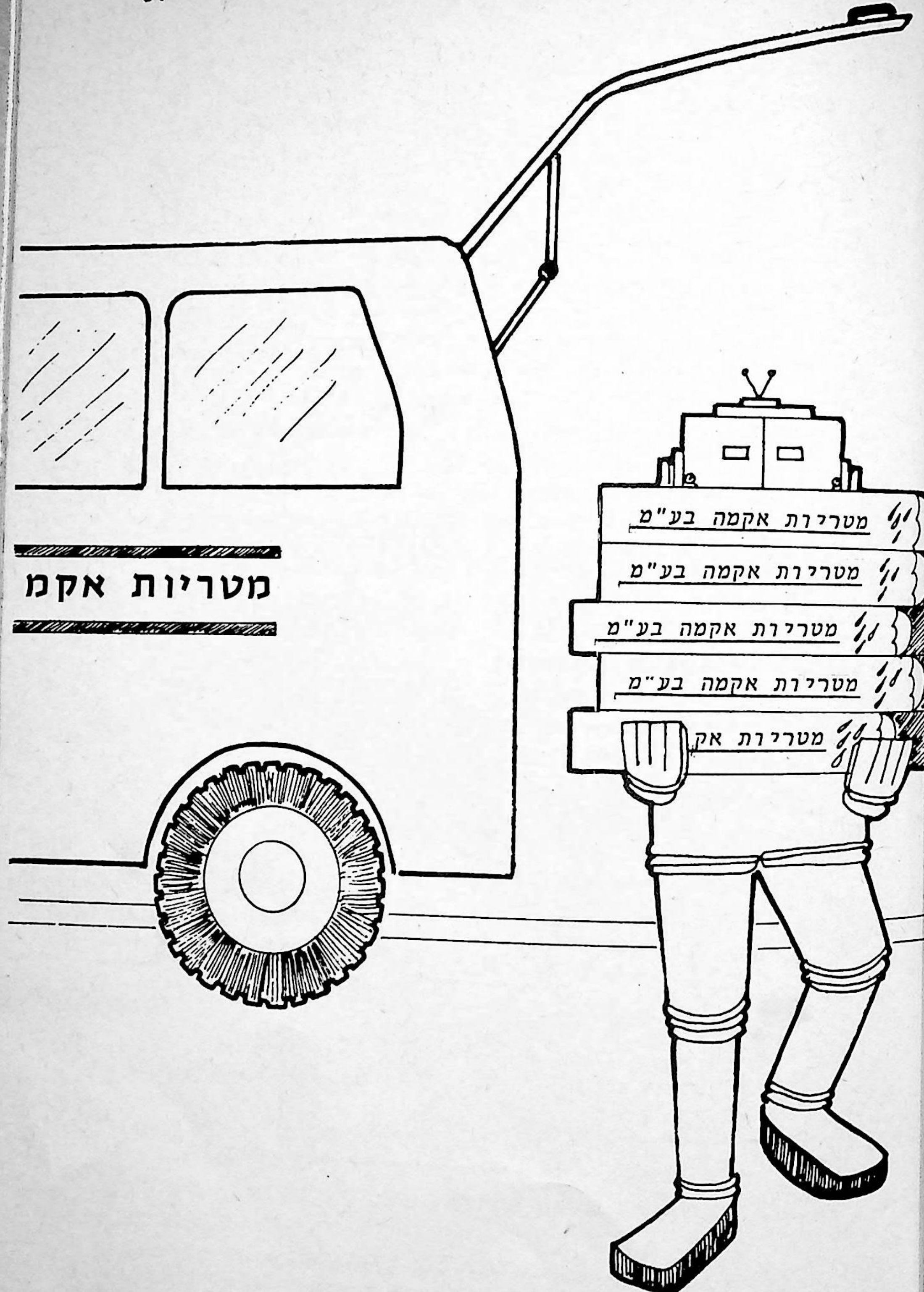
המילה מיכל היא השגיאה. צריך לוותר עליה.

"נהג המשאית למחסן בא'".

הפקודה אמנם נכונה, אך היא מצווה על טובוט לעשות טעות. עליו לנסוע לב'.

ועוד:

"טען 30 מטריות על המשאית"


מטריות אקמ
מטרירות אקמה בע"מ
מטרירות אקמה בע"מ
מטרירות אקמה בע"מ
מטרירות אקמה בע"מ
מטרירות אק

"התנע את מָנוע המשאית"
"נהג המשאית לתַחנת הדלק בה'"
"מלא המשאית בדלק"
"נהג המשאית למחסן בב'"
"טען 60 מטַביות על המשאית"
"נהג המשאית אל הלקוח בד'"
"פרוק 60 מטריה מן המשאית"
"נהג המשאית לתחנת הדלק בד'"
"מלא המשאית בדלק"
"נהג המשאית למוסך בה'"
"דומם מנוע המשאית"

מצאת את השגיאה? בדוק היטב את התוכנית. לפעמים קשה מאוד למצוא שגיאות בתוכנית.

תזרימים

התזרים הינו תרשים-מפה המסביר, מה אתה רוצה לעשות וכיצד אתה מתכונן לעשות זאת; או מה אתה מבקש ממישהו אחר לעשות וכיצד אתה מצפה שיעשה זאת בעבודת המחשב התזרימים הינם כלי עזר חיוני למתכנת, והם עוזרים לו להכין את תוכניותיו.

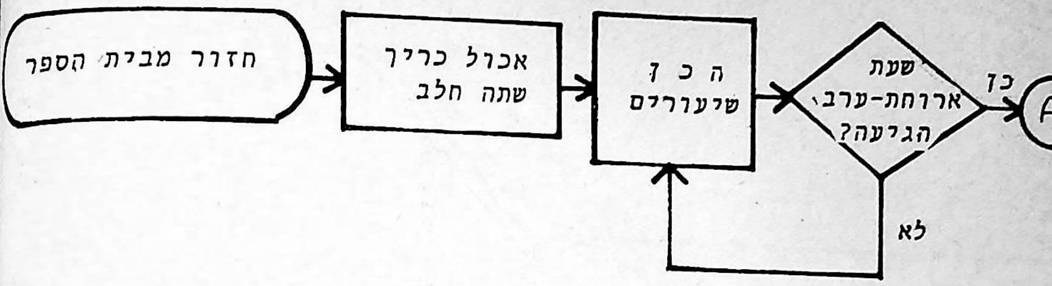
התבונן בתזרים פשוט, התזרים שבעמוד הקודם מתאר מה עושים בדרך כלל תלמידים בחוזרם מבית הספר.

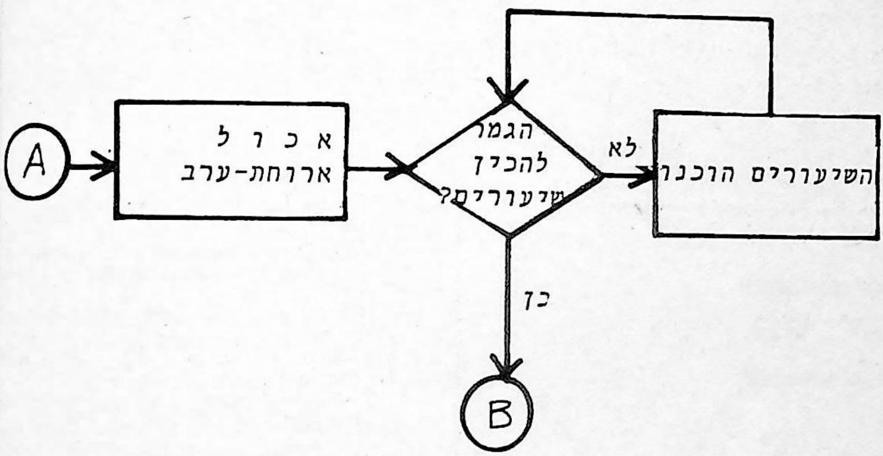
התזרים מראה בבירור כיצד מבלה התלמיד את הערב בבית בגמר הלימודים. נסה לענות השאלות הבאות:

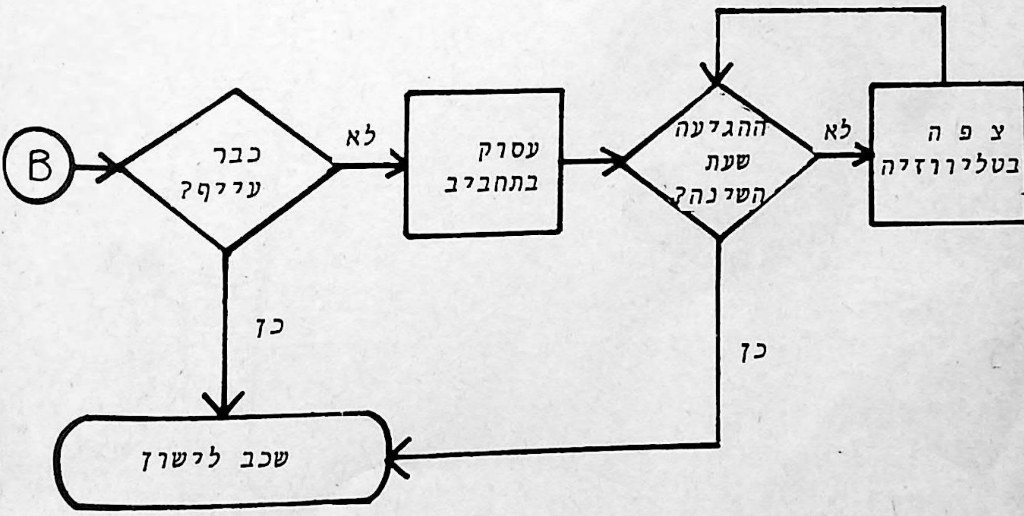
1. כיצד מבלה התלמיד את רוב הזמן לאחר שובו מבית הספר. האם הוא עושה אותו דבר בכל ערב?
2. כמה פעמים אוכל התלמיד לאחר שובו הביתה?
3. מתי מכין התלמיד את שיעוריו?
4. היש לתלמיד הרבה שיעורים?
5. העוסק התלמיד בתחביבו בכל ערב?
6. האם הורי התלמיד קפדנים מאוד?

והרי התשובות:

1. לאחר הלימודים מבלה התלמיד את רוב זמנו בהכנת השיעורים. אך אנו איננו בטוחים שכך הדבר בכל יום. אמת הדבר שהתלמיד מכין את שיעוריו לפני ארוחת הערב. ואם אין הוא גומר לפני הארוחה הוא ממשיך אחר כך עד שהוא גומר, אך הזמן המדוייק אינו ידוע. התזרים מראה גם שהתלמיד יכול לעסוק בתחביב או לראות טלביזיה אחרי גמר השיעורים, עד שהוא מתעייף, או עד שעת השינה.
2. התזרים מראה שהתלמיד אוכל פעמיים לאחר שובו מבית הספר.
3. התלמיד מכין את שיעוריו אחרי שובו מבית הספר. אם אין הוא גומר לפני הארוחה, הוא מסיים אחריה.
4. על פי התזרים קשה מאוד לדעת כמה שיעורים יש לתלמיד כי הזמן אינו רשום בתזרים. יש לו כנראה שיעורים די כדי להעסיקו עד ארוחת הערב.
5. מתוך התזרים מתקבל הרושם שהתלמיד עוסק בתחביבו או רואה טלביזיה בכל ערב, אך הדבר אינו בדוק. נניח שהוא מתעייף מיד אחרי סיום השעורים; ומה הוא עושה במקרה כזה? אתה צודק. הוא שוכב לישון.
6. הורי התלמיד הם הורים קפדנים. התלמיד מסיים את שיעוריו לפני שהוא עוסק בתחביב או צופה בטלביזיה. הוא גם שוכב לישון בזמן.







הערת המתרגמת:

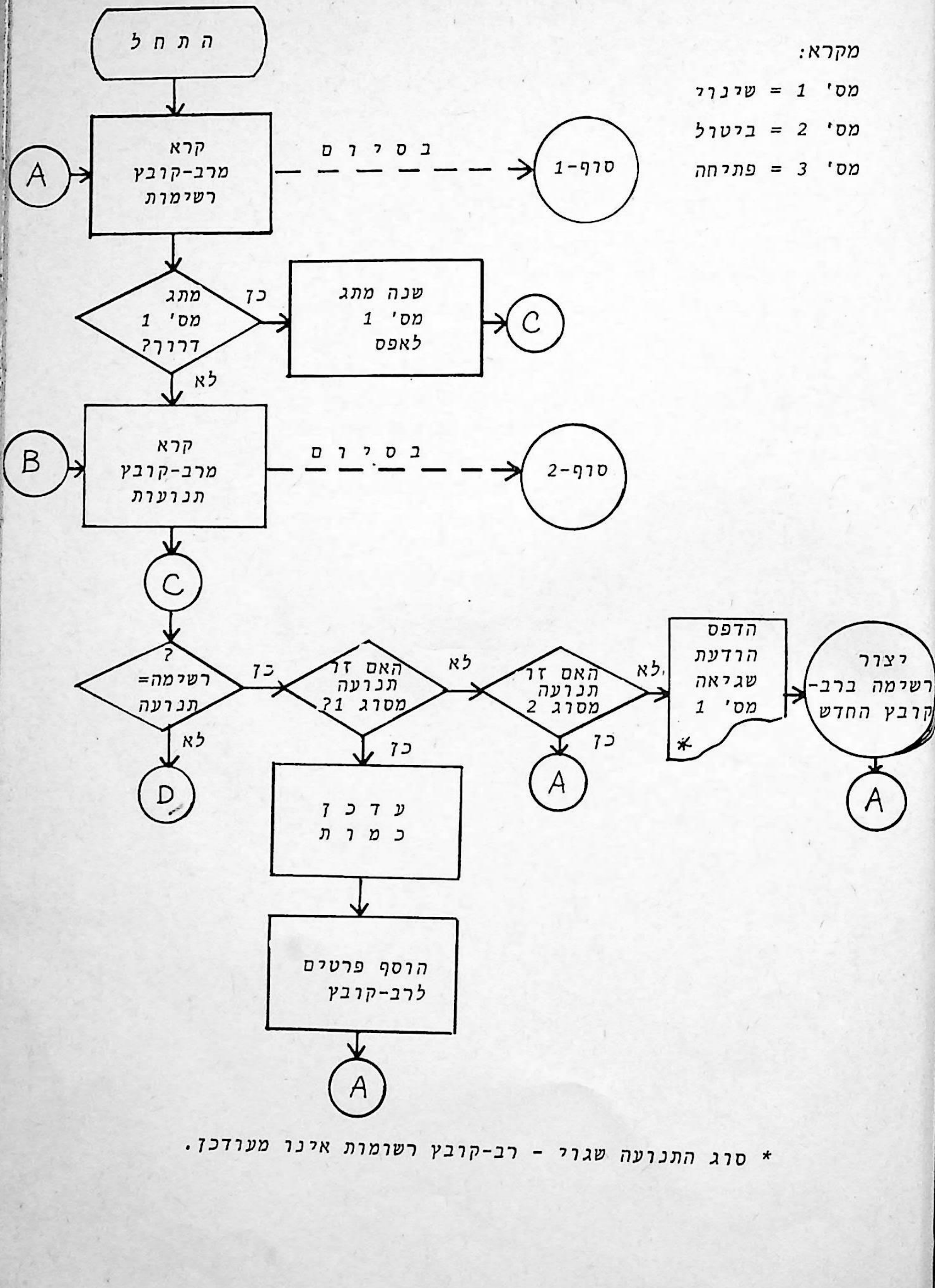
תזורים: בהכנת התזורים משתמש המתכנת במסגרות בעלות צורה מסויימת לציון שלבי התהליך.

1 מסגרת מלבנית בעלת קצוות מעוגלות מורה על התחלה ועל סוף.

2. מסגרת מרובעת מורה על פקודה. חץ אחד מוביל אליה וחץ שני מוליך ממנה.

3. המעוין מכיל שאלה, ועל כל שאלה אפשר לתת שתי תשובות: חיובית או שלילית. לכן יש למעוין חץ אחד המוביל אליו ושני חצים המוליכים ממנו. האחד — אל פקודה כיצד לפעול אם התשובה חיובית והאחר — אל פקודה כיצד לפעול אם התשובה היא שלילית.

את התזורים אפשר לכתוב בכל שפה.



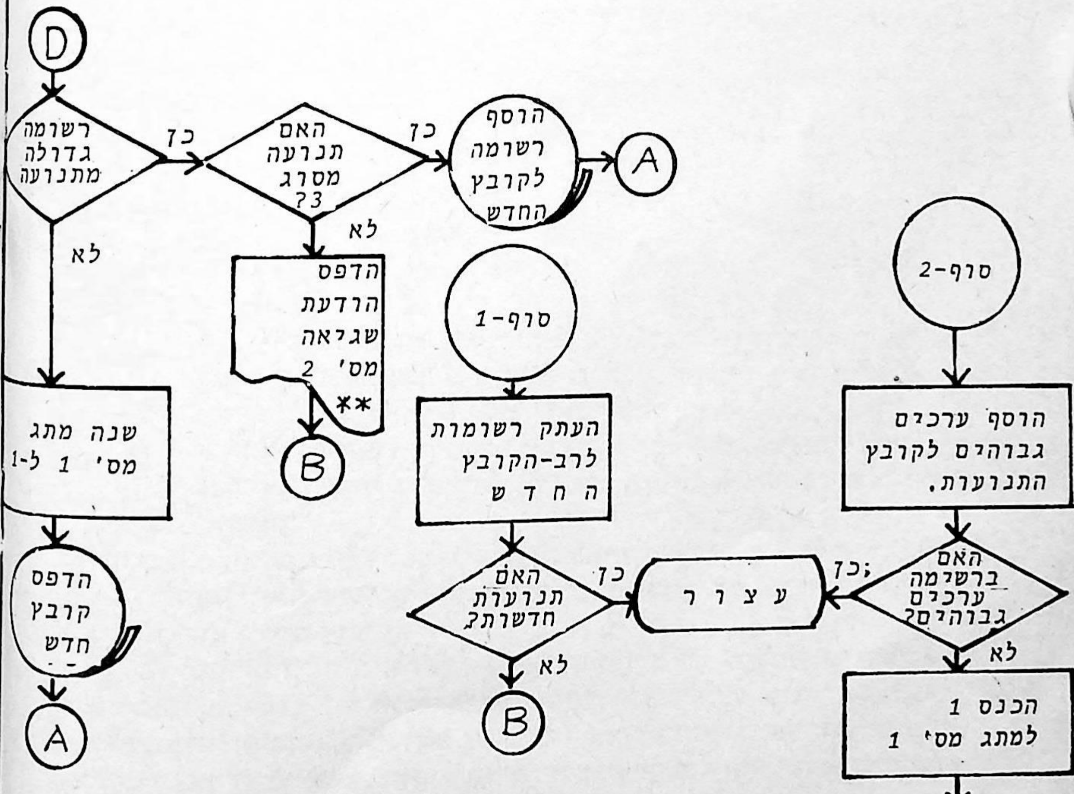
* סוג התנועה שגוי - רב-קובץ רשומות איננו מעודכן.

התזרים הזה נועד רק לשמש דוגמא כיצד מכינים תזרימים וכמה קל להבין אותם.

לאמיתו.של דבר אין התזרים פשוט כל כך בדרך כלל. תפקיד התזרים הוא להסביר כיצד אפשר לבצע פעולות מסובכות למדי. לעתים קרובות אותן פעולות מסובכות קשורות בפתרון בעיות שהמחשב חייב לפתור.

שער בנפשך, למשל, מה צריך לעשות, כאשר מעבדים תוכנית למטוס חדש. עבודת מחשב רבה ומסובכת חייבת להיעשות כדי לעזור בתיכנון מנועי סילון חדשים, בעיצוב הכנפיים, ברשת החשמל שבמטוס ועוד חלקים רבים אחרים. לפני שאפשר לגשת לתיכנות המחשב כדי שיהיה לעזר במבצע פתרון הבעיות, חייבים המתכנתים להכין תזרים שיראה איזו עבודה צריך המחשב לעשות ובאיזה סדר יעשה אותה. התזרים מונה בדרך כלל כמה גליונות נייר. לפעמים אפילו יותר ממאה גליונות.

באיזו מידה, לדעתך, מסובכת עבודתו של המחשב בבואו להכין את תלוש משכורתו של מתכנת בחברה "יצרני מטריות אקמה"? המשימה נראית פשוטה למדי, אך הבה נרשום כמה גורמים שיש לקחתם בחשבון לפני שהמחשב ניגש להדפסת התלוש וההמחאה:



למה משמשים המחשבים?

לשאלה זו אין תשובה פשוטה. אין־סוף שימושים יש למחשב. בפרק זה נבחון באיזו מידה דומה שימוש אחד לשימושים אחרים במחשב.

עלינו לזכור את העובדה שהמחשב יכול לעשות אך ורק את העבודה הפקידותית שיכול גם האדם לעשות. כל מה שיכול הפקיד לעשות יכול גם המחשב. ההבדל החשוב והגדול בין עבודת המחשב ועבודת הפקיד היא שהמחשב עושה את העבודה הרבה יותר מהר.

אנשים היודעים להפעיל מחשב יכולים להפעילו כך שייראה כאילו המחשב הוא אנושי. למשל, אפשר לתכנת מחשב כך שיהיה מסוגל לנהל שיחה עם אנשים אחרים. מתכנת פיקח בונה את השיחות באופן שייראו טבעיות ואמתיות. צריך רק לזכור שהמתכנת חייב לראות את הנולד ולערוך את חלקו של המחשב בשיחה כך שיתאים לתשובות שהאדם המשוחח עם המחשב עשוי לענות. אם אין המשוחח עם המחשב אומר את מה שחשב המתכנת כי יאמר, הרי השיחה בינו לבין המחשב לא תהיה מושלמת ביותר...

לפנינו תכנית שיחה בין "פסיכיאטר" (מחשב) לבין ה"חולה" שלו. כדי לעשות שימוש בתכנית הזאת על האדם לטלפן אל המחשב ולנהל אתו את השיחה. (עוד נדבר על ענין שיחת טלפון עם מחשב בפרק הבא) האדם מדפיס את חלקו בשיחה במסוף והתכנית גורמת למחשב שידפיס את התשובות על אותו מכשיר.

לפנינו שיחה המתנהלת בין אדם לתוכנית. חלקו של האדם מודגש בקו.

מה שמך? <u>יעקב</u>
יעקב? אתה בטוח שזהו שמך, יעקב? <u>כן</u>.
אתה אומר לי "כן", זה מענין מאוד.
ועתה אמור לי, בן כמה אתה? <u>16</u>
16? שמע נא ידידי, זה לא יתכן. אתה בטוח? <u>כן</u>.
זה לא יאמן.
אמור לי, אתה שומע צילצול פעמונים? הקשב. (קול פעמונים נשמע מן המכשיר)
אתה שומע? <u>כן</u>.
יפה. לדעתי הבעיה שלך היא חמורה מאוד.
מדוע אתה רוצה לקבל טיפול אצלי?

1. כמה שעות עבד המתכנת במשך השבוע?
2. כמה משתכר מתכנת בשעת עבודה אחת?
3. האם קיבל המתכנת העלאה במשכורת במשך השבוע האחרון?
4. כמה מס הכנסה ישלם העובד לשבוע זה?
5. כמה ביטוח לאומי עליו לשלם?
6. האם יש ניכויים נוספים כגון מלוות, תרומות, ביטוח ועוד?

מנינו רק כמה מן הבעיות שעל תכנית המחשב לקחת בחשבון לפני שאפשר להדפיס את המחאת התשלום. את הבעיות הללו יש לרשום צורה נכונה ובסדר נכון. לכן דרוש התזרים כדי להראות כיצד יישאל המחשב את כל השאלות שמנינו למעלה.

לפנינו דוגמא של תזרים אמיתי המשמשת לפתרון בעיה. התזרים פשוט למדי הוא מורכב משני גליונות בלבד. כפי שאמרנו קודם. תזרים מסובך נרשם בדרך כלל על גליונות רבים.

זהו תזרים של רישום מלאי החלקים בבית חרושת. את החלקים שאינם עוד בשימוש יש להוציא מתוך הרישום העדכני. כאשר חלקים מסויימים נכנסים לשימוש יש להוציא אותם מן המלאי הרשום. כאשר מזמינים חלקים נוספים, יש להוסיף אותם למלאי.

הכנת עשרת אלפים המחאות היא עבודה משעממת ושיגרתית. אדם אחד אינו מסוגל לבצע את המשימה בכל יום שישי בבוקר מדי שבוע. משרד מלא פקידים העמלים ליד מכונות חישוב ומכונות כתיבה ידרש כדי למלא את התפקיד אותו יכול המחשב לעשות בזמן קצר. אכן, המחשב דרוש מאוד מאוד.

המחשב עושה את העבודה המשעממת הזו במהירות ובדיקנות. רק תלונות מעטות יבואו מן העובדים כאשר ימסרו ההמחאות לידיהם. אילו נעשה החישוב והכנת ההמחאה בידי פקיד, יש להניח שאחד מתוך עשרים עלול להכיל שגיאה. או טעות.

חשוב מעט על יכולתו של המחשב לעזור בהשגת מטרה מדעית. נניח שספינת חלל נשלחת אל עבר הירח. תוך כדי מסעה שולחת הספינה מדי שניה מידע באמצעות גלי רדיו אל מחשב הנמצא סמוך לאתר השילוח. המחשב בודק מדי שניה את מצבה של הספינה ושולח אליה הוראות. אם יש צורך לתקן את מסלול הטיסה נמסרת ההודעה לטייס החלל על ידי המחשב. באמצעות גלי רדיו מפעיל המחשב את המנגנונים שבספינת החלל ותיקוני המסלול נעשים גם באופן אוטומאטי. לפעמים אין טייס החלל יודע כלל שהמחשב תיקן את המסלול. הקשר בין המחשב וספינת החלל נמשך כל המסע, לפעמים במשך שבועות מספר.

נביא כדוגמא נוספת את תחנת החשמל המספקת לעירך את החשמל. האם ידעת שהחשמל המפעיל את המאור, החימום והטלביזייה נוצר רק לפני כמה רגעים? המחשב מעורב בהפקת החשמל מכיוון שהוא מדווח לתחנת החשמל כמה כוח עליה לספק בכל רגע. כשאתה פותח את מכשיר הטלביזיה שלך יודע המחשב כי מישהו זקוק ליותר חשמל, והפקודה יוצאת מיד מן המחשב לתחנת החשמל להפיק חשמל נוסף. אפילו אם הכמות הנדרשת אינה עולה על זו המופקת מפיסת פחם או מכמות זעירה של דלק, גורם המחשב לכך שאותה כמות זעירה אמנם תפעיל את התחנה להפקת הכמות הטמונה בה, עבורך.

באופן כללי, מתחלקת עבודתו של המחשב לשני סוגים; מסחרי ומדעי. בעיית חישוב השכר שהזכרנו קודם שייכת לסוג המסחרי. ספינת החלל ותחנת החשמל הם מן הסוג המדעי.

יש כמובן, ביצועים של המחשב שהם בין שני הסוגים: המסחרי והמדעי. התבונן ברשימה הבאה:

1. לעדכן באופן שוטף רשימת מנויים של שבועונים שונים
2. לשלוח חשבונות ללקוחות בבית מסחר.
3. לערוך תכנית לימודים בבית ספר תיכון ובאוניברסיטה.
4. לעדכן חשבונות בבנק.
5. לתרגם משפות זרות.
6. לעזור בתיכנון מטוסים, מכוניות וציוד מסוגים שונים.
7. לשחק משחקים שונים כגון שח, דמקה ושש־בש.
8. לעזור בפיענוח חידות מתימאטיות.
9. לעזור בגילוי עובדות מענינות ומועילות על היקום.
10. לעזור בחיזוי מזג האויר והשפעותיו.

אתה חייב לומר לי מדוע. <u>**אני זקוק לעזרה.**</u>
אני זקוק לעזרה?
מצטער, אינני יכול לעזור לך. שלום.

מאליו מובן שאם האדם אינו עונה את התשובות הצפויות, השיחה לא תהיה טבעית כל כך. הנה עוד שיחה שאינה מרשימה כל כך מפני שה״חולה״ לא שיתף פעולה כראוי. שים לב שה״פסיכיאטור״ אומר את אותם הדברים בשתי השיחות.

מה שמך? <u>**מדוע עליך לדעת?**</u>
מדוע עליך לדעת? באמת, אתה בטוח שזהו שמך, — מדוע עליך לדעת?
<u>**לא אמרתי לך את שמי.**</u>
אתה אומר לי לא אמרתי לך את שמי, זה מעניין מאוד.
ועתה אמור לי, בן כמה אתה? <u>**בן הרבה שנים**</u>.
שגיאה שגיאה. כתוב שנית.
<u>**100**</u>
100? שמע נא ידידי, זה לא יתכן. אתה בטוח? <u>**ואתה אינך יודע?**</u>
זה לא יאמן.
אמור לי, אתה שומע צילצול פעמונים? הקשב. (צילצול עולה מן המכשיר)
אתה שומע? <u>**לא.**</u>
יפה. לדעתי הבעיה שלך היא חמורה מאוד.
מדוע אתה רוצה לקבל טיפול אצלי?
אתה חייב לומר לי מדוע. <u>**מדוע אני חייב לומר לך?**</u>
מדוע אני חייב לומר לך?
מצטער, אינני יכול לעזור לך. שלום.

בודאי תזכור ששוחחנו על העובדה שהמחשב יכול לחזור על פקודה שניתנה לו הרבה פעמים: מאות פעמים, אלפי פעמים, מיליון פעמים, בדייקנות ובלי להשתעמם. מכיוון שהסגולה הזו היא תכונה של המחשב הוא מתאים מאוד לביצוע עבודות הדורשות עבודה שיגרתית ומשעממת.

אלו הם התפקידים הדורשים עבודה שיגרתית? דוגמא אחת כבר הבאנו: חישוב המשכורת. נניח שחברה גדולה חייבת להפיץ המחאות משכורת מדי שבוע לכל אחד מעשרת אלפי העובדים שלה. המחשב יחשב את הסכום שירשם בכל המחאה, וידפיס את הסכום. אחר כך על המחשב למצוא את המידע הנוגע לעובד הבא ולהדפיס את ההמחאה שלו. חישוב הסכום והדפסת ההמחאה יארך בודאי חצי שניה ומאחר שאנו מדברים בעשרת אלפים עובדים יארך החישוב לכל העובדים חמשת אלפים שניות. בשעה אחת יש, כידוע, שלוש מאות וששים שניות, המלאכה תיעשה איפוא, במשך שעה וחצי של עבודת מחשב.

שיחה טלפונית אל המחשב

בימים בהם השתמשו לראשונה במחשב (בערך 1947) היו הרוצים להשתמש בו מעלים את התוכנית המבוקשת על כרטיס ניקוב. אחר היו הולכים למקום בו עמד המחשב, יושבים ליד לוח ההפעלה שלו ומתחילים ללחוץ על הכפתורים והמתגים הנדרשים כדי להפעיל את המחשב, וכך מקבלים את התשובות הדרושות.

מהנדסים, מדענים, מתימאטיקאים ומתכנתים היו כה נלהבים מן המכשיר החדש עד שהתיחסו אליו כמו אל צעצוע מרתק. לפעמים היו אנשים הולכים לעבודתם מאוחר בלילה או מוקדם בבוקר ובלבד שיוכלו גם הם להשתמש במחשב.

בשנים מאוחרות יותר נעשו המחשבים גודלים ומסובכים יותר. מומחים ומנהלים מונו להשגיח עליהם. הללו בנו חומות סביב המחשב וערמו מכשולים על דרכם של המבקשים להשתמש במו ידיהם במחשב. במקום הטיפול הישיר, נדרשו המבקשים להשתמש במחשב למסור את התוכנית המבוקשת לפקיד קבלה. מנהל המחשב העסיק אנשים מיוחדים כדי להזין בתוכנית שקיבלו את המחשב ולאחר עיבוד התוכנית החזירו אותה אל אותו פקיד קבלה. אחר כך באו הדורשים וקיבלו את תוצאות התוכנית ליד שולחנו של הפקיד.

זו היתה שיטה יעילה ביותר, אך רוב הענין וההנאה פגו. מי שהיה רגיל להשתמש במחשב התגעגע לימים בהם נהנה לשבת ליד לוח המחשב ולהפעילו במו ידיו. נראה כאילו עברו "הימים הטובים ההם" ולא ישובו עוד. המחשבים נעשו יותר ויותר גדולים והזקוקים לשירותם הורחקו מהם יותר ויותר.

ואז, בשנת 1960 חלה התפתחות מעוררת התרגשות. נתאפשר לזקוקים למחשב להתקשר אתו ישירות בקו טלפוני רגיל. את המחשב הציבו במרכז כלשהו והתאימו אותו כך שיוכל לקבל עשרים וחמש ויותר שיחות טלפוניות בעת ובעונה אחת מאת המבקשים להשתמש בו.

המטלפן למחשב ישב ליד מסוף שאליו מחובר טלפון רגיל. הוא חייג את מספר המחשב. המחשב ענה בקול ציפצוף גבוה מתוך השפופרת. המטלפן החל להדפיס את פקודותיו למחשב. כשגמר להדפיס את התוכנית המבוקשת היה כותב:

"קדימה"

והמחשב נתן את התשובות מיד.

אילו מן המשימות הן מסחריות ואילו מדעיות? אילו משימות אינן מסחריות מובהקות או מדעיות מובהקות אלא שילוב של שתיהן?

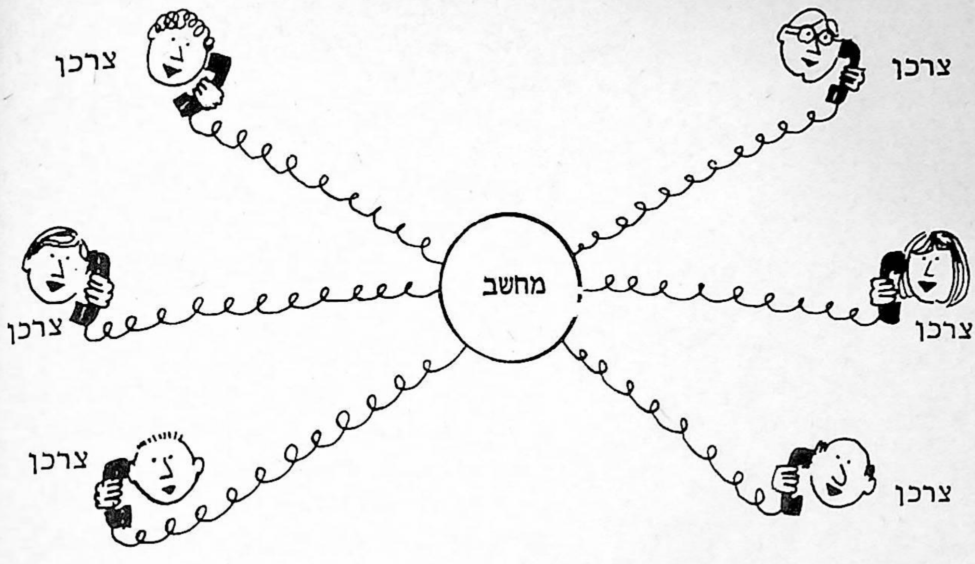
המחשב יכול לעשות כל כך הרבה! רק דמיונו של האדם מגביל אותו. כלום סבור אתה שיבוא יום וייבנו מחשבים המסוגלים לחשוב, או הפועלים כאילו הם חושבים ואנו לא נדע להבחין אם אכן חושבים הם או לא? רבים מאתנו אכן סבורים כך.

רואי· חשבון מרוצים משכירת זמן מחשב כי בדרך זו הם יכולים לפתור בעיות עסקיות, לחשב שיעורי מס עבור לקוחותיהם ולמלא עוד תפקידים מסחריים רבים במאמץ קטן ביותר.

בעלי עסקים קטנים משתמשים ברצון בשכירות זמן מחשב כי בעזרת המחשב יוכלו לחשב בקלות את חובות לקוחותיהם, ואת חובותיהם לספקים.

בדרך כלל הכל מרוצים משכירות זמן המחשב כי הוא מעמיד את המחשב הגדול והמשוכלל לרשות כל אדם בלי שיהיה צורך לרכוש מחשב או לשלם דמי שכירות גבוהים ביותר. עבור המכשיר כולו.

בארצות מפותחות מקובלת שכירות זמן המחשב כל כך עד שניתן להשיג שירות זה בכל פינות המדינה. שכירות זמן מחשב אפשרית בישראל כמו בקנדה, אירופה ויפאן. מערכות המחשב עצמן התפתחו עד כדי כך שמחשב אחד יכול לשרת עד מאתיים לקוחות באותה שעה.



למרות שמספר רב של אנשים קראו למחשב בבת אחת, היתה לכל אחד מהם הרגשה שהוא היחיד המשתמש בו. וזאת מדוע? מכיוון שהמחשב כל כך מהיר שהוא יכול לענות לשאלות שהוא נשאל באותה במהירות בה נמסרות לו השאלות.

אפשר להשוות את אופן עבודתו של המחשב עם עבודתה של מלצרית במסעדה מלאה אורחים. היא יכולה להגיש לכולם בבת אחת; מקבלת הזמנות מאחדים, מביאה את הארוחה לאחרים ומסלקת את הכלים משולחנות נוספים. כל אורח מרגיש כאילו המלצרית משרתת רק אותו. ורק לעתים רחוקות יתלונן שהשירות אינו מהיר די הצורך. המחשב, כמו מלצרית עסוקה, יכול לספק שירותי מחשב למספר גדול של אנשים. הוא מטפל בבקשתו של האחד, ומיד לאחר מכן בבקשתו של השני, וכך הלאה. וכל הפונה אל המחשב מרגיש כאילו כל תשומת לבו של המחשב נתונה אך ורק לו.

שימוש במחשב באמצעות הדפסה במסוף נקרא "שכירות זמן מחשב". התהליך כה פשוט עד שאפילו ילדים יוכלו לעשותו. למעשה, יש בתי ספר רבים שבהם יכולים התלמידים להשתמש "שכירות זמן המחשב" כדי להיעזר בו בשיעוריהם. המורים בבתי ספר אלה מעודדים את התלמידים להשתמש במחשב כי כאשר התלמיד נעזר במחשב לפתרון בעיות מסויימות נותר לו זמן רב יותר ללמוד דברים נוספים.

מדענים ומתימאטיקאים משתמשים ברצון רב בשכירות זמן מחשב מכיוון שהתשובות ניתנות מהר. הם יושבים ליד המסוף, מתקשרים עם המחשב ומקבלים תשובות במהירות.

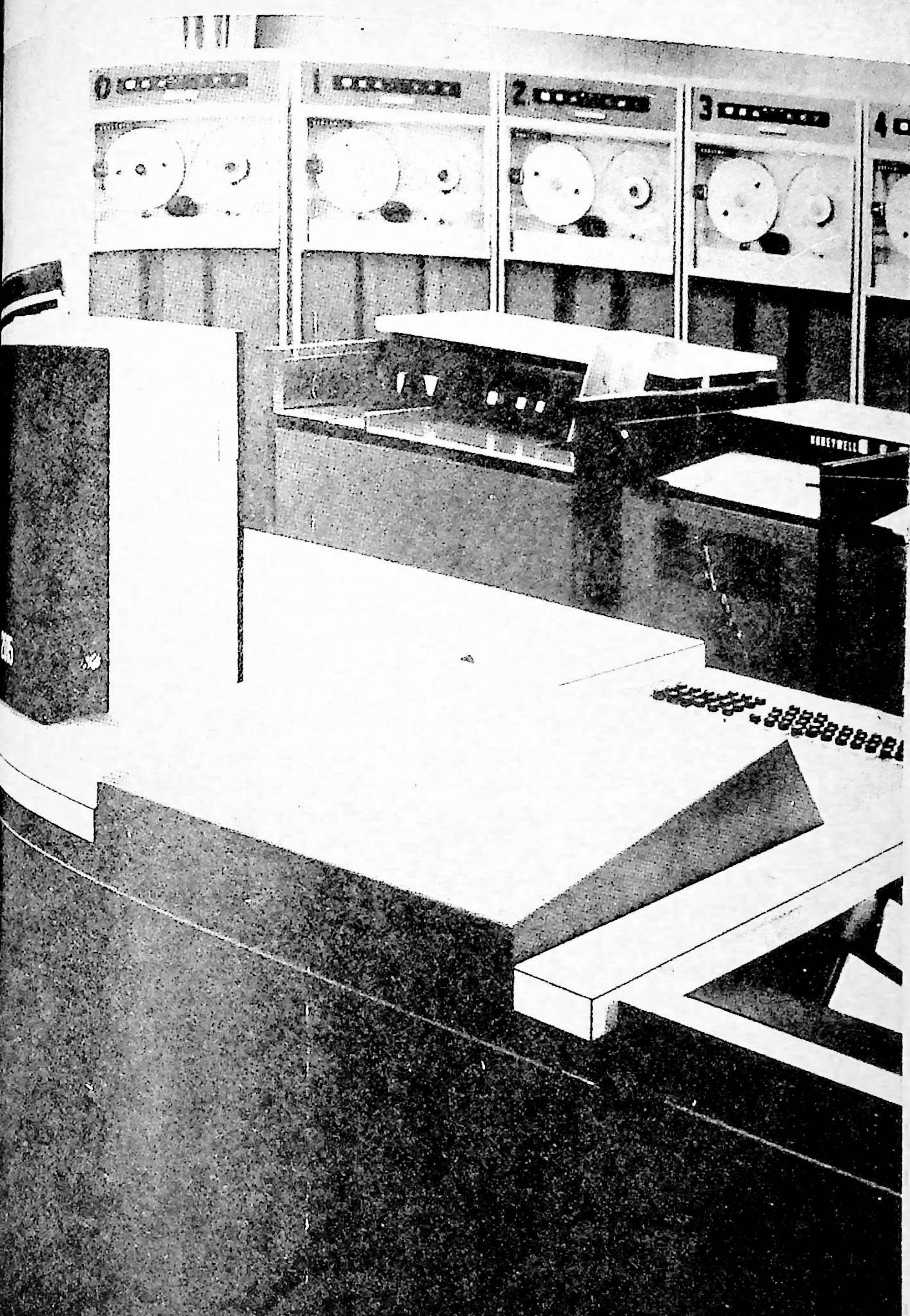
מילה אחת לסיום:

מכיוון שנושא המחשב הוא נרחב כל כך, לא נסינו בספר זה לכסות את כולו. יתכן והעובדה המרעישה ביותר בעולם המחשבים היא זו שמאז שאתה, הקורא, התחלת בקריאת הספר, נעשו כל כך הרבה חידושים עד שאפשר למלא בהם ספר נוסף.

אין אדם עלי אדמות היודע את הכל אודות מחשבים, או אפילו חצי או כדי עשירית. אנו חיים בעידן של התמחות. כל מי שנכנס לעולם המחשבים מתחיל בשלב מסויים להתמחות בשטח מסויים. הוא יכול להשתלם בהפעלת המחשב, בתיכנות, או בתיכנון מחשבים, או לבחור באחד ממאות העיסוקים הנוספים הקשורים במחשב.

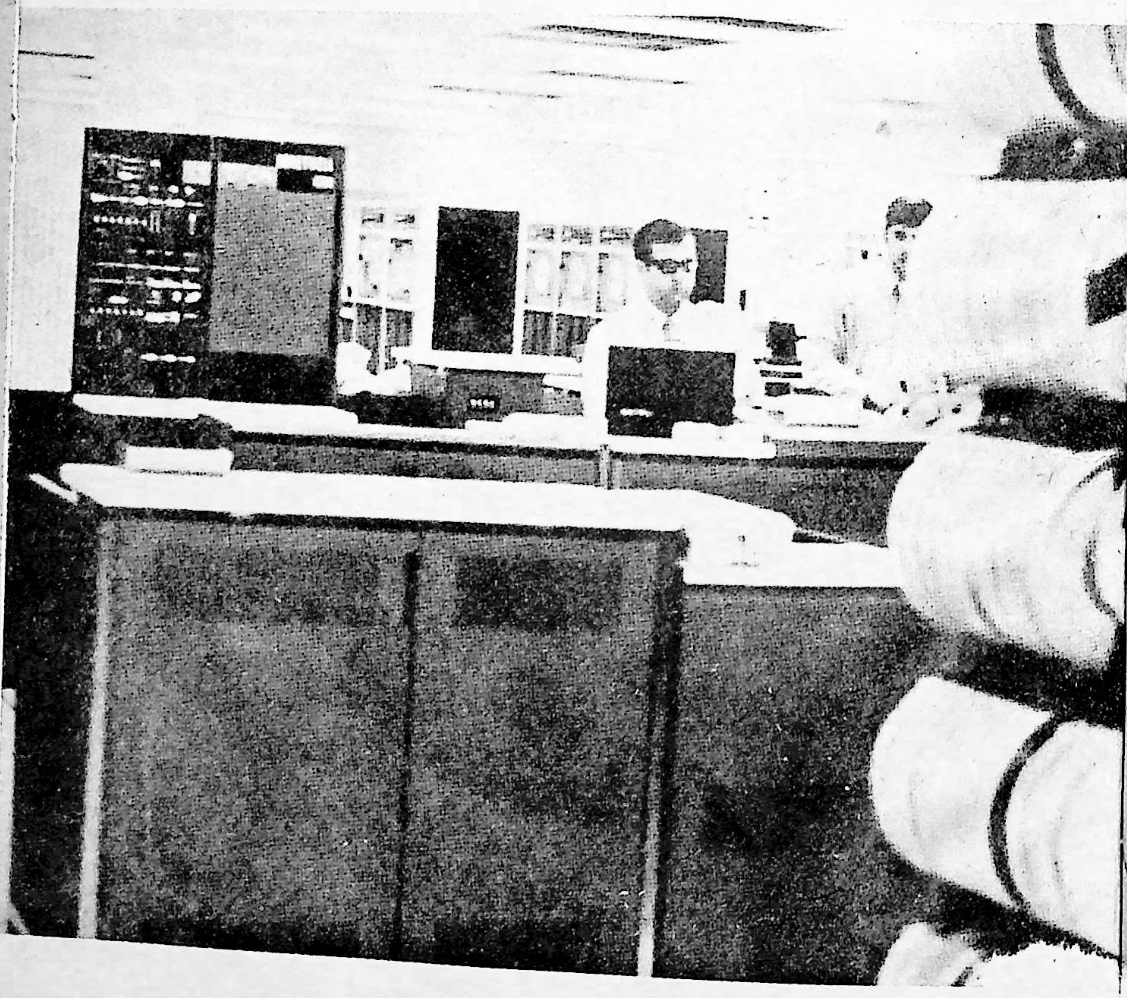
יבחר לו כל עיסוק במחשב שיבחר, מיד יגלה כי עליו ללמוד הרבה מאוד כדי לעדכן את עצמו כל העת בחידושים שבשטח ההתמחות אשר בו בחר.

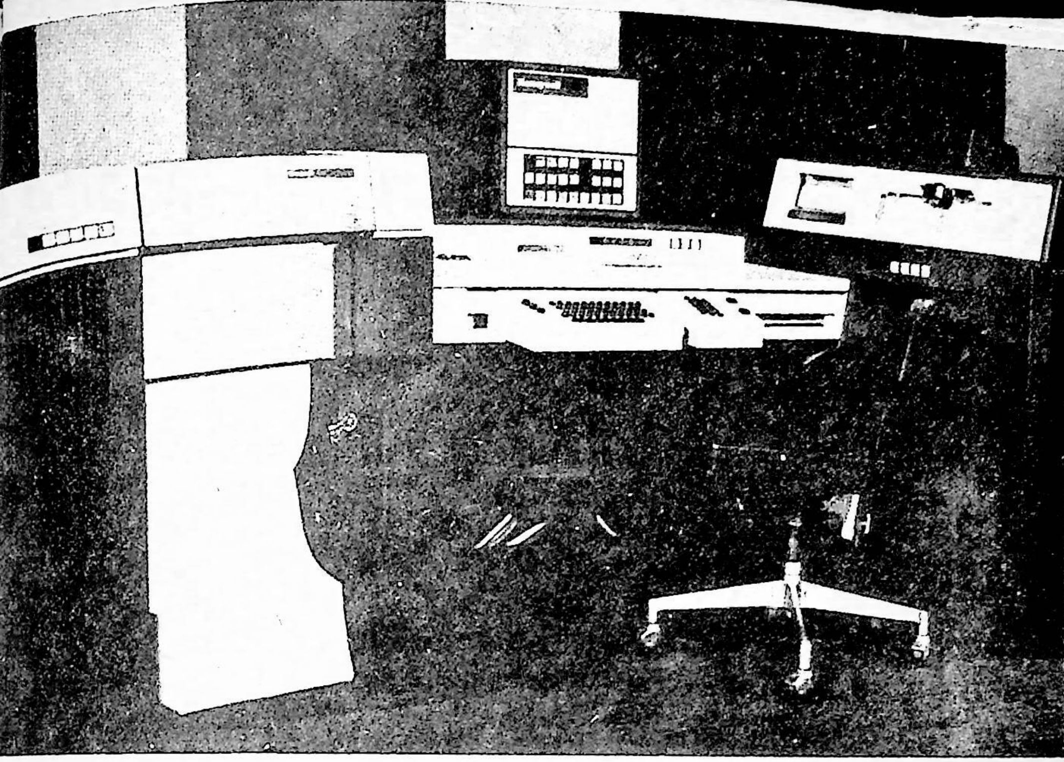
לא נטלנו על עצמנו בספר זה להגיש מידע על נושאים מסובכים מאוד, כגון תיכנות הידור (קומפילציה), פיתוח תוכנה, עדכון כרטיסים ומיון. מטרת הספר היא להציג תמונה כללית של מהות המחשב ומה הוא יכול לעשות. אנו מקווים כי הצלחנו במשימתנו. אנו גם מקווים כי עוררנו התענינות בלבך וכי תמשיך ללמוד ולהתענין בנושא.

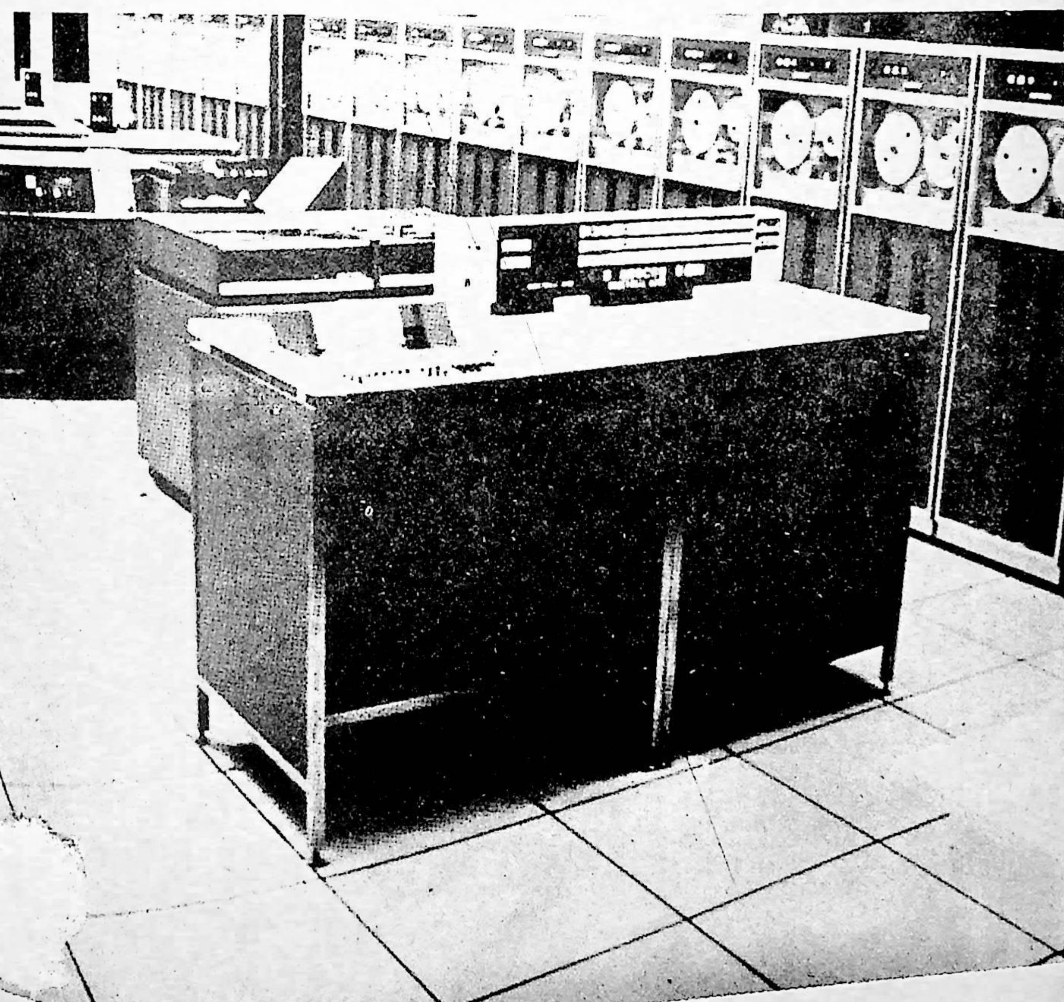


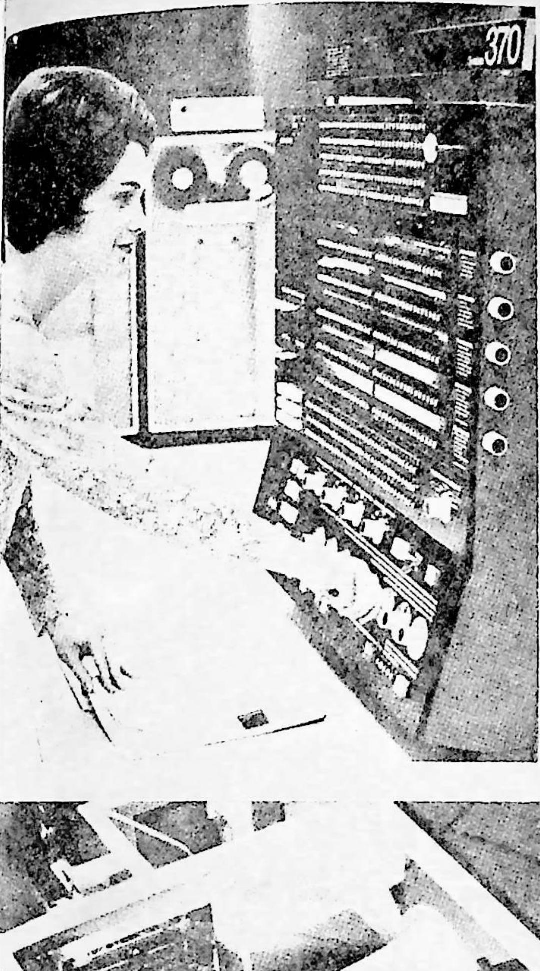
ציוד חדיש של מחשב מתוצרת הוניואל

התמונות בעמודים אלה:
מתקנים חדישים של מחשבי הוניואל









התמונות בעמודים אלה: ציוד מחשב
י.ב.מ. שיטת 370 נבדק, נבחן ומודגם.

